

G

Gutachten

G 15

G 15.1 Hydrologisches u. hydrogeologisches Gutachten, Allgemeine Angaben

Erstellt von:

Institut Fresenius, Gb. Umwelt Consult
65232 Taunusstein

Flughafenausbau Frankfurt/Main

Fachgutachten G 15.1: Hydrologie / Hydrogeologie

Allgemeine Angaben

Auftraggeber:

Fraport AG
Frankfurt Airport Services Worldwide

erstellt durch:

Institut Fresenius
Chemische und Biologische Laboratorien GmbH
Im Maisel 14
65232 Taunusstein

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Claus-Peter Große
Dipl.-Ing. (FH) Wilfried Langer
Dipl.-Geol. Claudia Selle

Taunusstein, 09. August 2001

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IV
1 VERANLASSUNG	1
2 VORBEMERKUNGEN	1
2.1 Allgemeines	1
2.2 Literatur	2
2.3 Beschreibung des Stoffinventars	3
3 IST-SITUATION (2000): GEOLOGIE/ HYDROGEOLOGIE	3
3.1 Übersicht der geologischen Verhältnisse	3
3.2 Übersicht der hydrogeologischen Verhältnisse	6
3.2.1 Aquifermächtigkeit	6
3.2.1.1 Grundwasserfließrichtung.....	6
3.2.1.2 Nutzbares Porenvolumen.....	7
3.2.1.3 Grundwasserfließgeschwindigkeit	8
3.3 Differenzierung der Grundwasserstockwerke	8
3.4 Deckschichtenverhältnisse	9
3.5 Grundwasserstandsmessungen, Grundwassergleichen- und Flurabstandspläne	11
3.5.1 Grundwasserspiegelhöhen und Grundwasserflurabstand.....	11
3.5.2 Bereiche geringen Flurabstandes	13
3.6 Hydraulische Gebirgseigenschaften	14
3.7 Chemismus des Grundwassers und der Gewässer	15
3.7.1 Natürliche Verhältnisse.....	15
3.7.2 Grundwasserverunreinigungen	16
3.8 Grundwasserhaushalt und Grundwasserneubildung	18
3.8.1 Faktoren der Grundwasserneubildung	18
3.8.2 Niederschläge.....	18
3.8.3 Verdunstung	19
3.8.4 Oberirdischer Abfluss.....	20
3.8.5 Unterirdische Zu- und Abflüsse.....	20
3.8.6 Nutzungsarten.....	20
3.8.7 Bodeneigenschaften.....	22
3.8.8 Reliefsituation, oberirdischer Abfluss	22
3.8.9 Grundwasserneubildung.....	22
3.9 Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers	24
3.10 Zusammenfassung und Bewertung	26
4 IST-SITUATION 2000: BESCHREIBUNG DER NUTZUNGSVERHÄLTNISSE	27
4.1 Oberflächengewässer und Retentionsräume	27
4.1.1 Fließgewässer (Gewässernetz)	27
4.1.1.1 Main	27
4.1.1.2 Kelster/ Kelsterbach	27
4.1.1.3 Hengstbach / Gundbach / Schwarzbach	27
4.1.1.4 Nordmainisch dem Main zufließende Gewässer	29
4.1.2 Oberirdische Einzugsgebiete.....	29
4.1.3 Oberflächengewässer (Seen).....	29
4.1.4 Überschwemmungsgebiete / Retentionsräume	30
4.2 Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete und wasserwirtschaftlich schutzbedürftige Flächen	31
4.2.1 Öffentliche Grundwassernutzungen zur Trinkwassergewinnung	31
4.2.1.1 Entnahmeeinrichtungen der Mainova AG.....	31
4.2.1.2 Zeppelinheim	33
4.2.1.3 Walldorf.....	33
4.2.1.4 Hattersheim	34
4.2.1.5 Weitere Entnahmen zu Trinkwasserzwecken.....	34

4.2.2.2	Ticona.....	35
4.2.2.3	AKZO Faser (Enka).....	35
4.2.2.4	Weitere Entnahmerechte.....	35
4.2.3	Wasserschutzgebiete.....	35
4.2.3.1	Wasserschutzgebiet für Grundwassergewinnungsanlagen der Mainova AG.....	35
4.2.3.2	Wasserschutzgebiet zur Wassergewinnungsanlage Zeppelinheim.....	36
4.2.3.3	Wasserschutzgebiet zur Wassergewinnungsanlage Walldorf.....	36
4.2.3.4	Wasserschutzgebiet „Schönauer Hof“ der Stadtwerke Mainz AG.....	37
4.2.3.5	Wasserschutzgebiet Hattersheim der Mainova AG.....	37
4.2.4	Grundwasserentnahmen für Sanierungsmaßnahmen.....	37
4.2.4.1	Nitrat-Sanierung Flughafen.....	37
4.2.4.2	LCKW-Sanierung DLH.....	38
4.2.4.3	Caltex-Sanierung.....	38
4.2.5	Heilquellenschutzgebiete und wasserwirtschaftlich schutzbedürftige Flächen.....	39
4.3	Gewässerschutz am Flughafen Frankfurt/ Main.....	39
4.3.1	Niederschlagswasserableitung in der Ist-Situation 2000.....	39
4.3.2	Prävention.....	41
4.4	Zusammenfassung und Bewertung.....	46
5	AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN MAßNAHMEN.....	47
5.1	Mögliche Änderungen der Grundwasser- und Abflussverhältnisse.....	47
5.2	Abgrenzung und Bewertung der Eingriffe in Grund- und Oberflächengewässer durch Entwässerung und/ oder Aufstau bei Tunnelbauwerken.....	47
5.3	Gefährdungspotential durch Ausbau und Betrieb auf die genutzten Grundwasservorkommen ...	49
5.3.1	Bau.....	49
5.3.1.1	Rodung.....	49
5.3.1.2	Oberflächennahe Tiefbauarbeiten.....	49
5.3.1.3	Bodenaushub und Freilegung der Grundwasseroberfläche.....	50
5.3.1.4	Grundwasserabsenkung.....	50
5.3.2	Betrieb.....	51
5.3.2.1	Langzeitwirkungen von Bauwerken.....	51
5.3.2.2	Auswirkungen des Betriebs.....	52
5.3.2.3	Zur Frage der Versauerung von Böden durch Luftschadstoffe und Folgewirkungen auf Deckschichten und Grundwasser.....	52
5.4	Mögliche Beeinträchtigungen von wasserwirtschaftlichen Nutzungen.....	55
5.5	Aussagen zu Versickerungs- und Entwässerungskonzepten.....	55
5.6	Aussagen zu Schutz- und Vorsorgekonzepten bezüglich des Schutzgutes Wasser für den Ausbau des Flughafens.....	57
5.6.1	Bauphase.....	57
5.6.2	Betriebsphase.....	58
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	59
7	VERWENDETE UNTERLAGEN.....	64
7.1	Literaturverzeichnis.....	64
7.2	Kartenverzeichnis.....	69
8	ANHÄNGE.....	71
8.1	Anhang 1: Kartografische Darstellung der Pliozän- und Pleistozän-Mächtigkeiten.....	71
8.2	Anhang 2: Kartografische Darstellung der Grundwassergleichen und des Grundwasserflurabstandes (2 Blätter: hoher Grundwasserstand April 1988 und niedriger Grundwasserstand Oktober 1993).....	72
8.3	Anhang 3: Kartografische Darstellung relevanter Grundwasserschäden und der Grundwassersanierungen.....	73
8.4	Anhang 4: Kartografische Darstellung der Oberflächengewässer, Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Grundwassernutzungen.....	74

Abkürzungsverzeichnis

BE	Bewegungsflächenenteiser
BK	Bodenkarte von Hessen
CCS	Cargo City Süd
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DLH	Deutsche Lufthansa AG
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau
FAG	Flughafen Frankfurt Main AG (seit 29.01.2001 Fraport AG)
FE	Flugzeugenteiser
GK	Geologische Karte von Hessen
GWM	Grundwassermessstelle
HBG	Hydranten-Betriebs-Gesellschaft
HLfB	Hessisches Landesamt für Bodenforschung (seit 01.01.2000 HLUG)
HLfU	Hessische Landesanstalt für Umwelt (seit 01.01.2000 HLUG)
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
IF	Institut Fresenius Chemische und Biologische Laboratorien GmbH
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
NN	Normal Null (Meereshöhe)
RP Da	Regierungspräsidium Darmstadt
StUA	Staatliches Umweltamt
TK	Topographische Karte
TNT	Trinitrotoluol
TOC	Total Organic Carbon (Gesamtgehalt organischer Kohlenstoffe)
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
VDI	Verband der Deutschen Industrie
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grundwasserneubildung durch Sickerwasser (Niederschlag) im Hessischen Ried.....	23
Tabelle 2: Verschmutzungsempfindlichkeitsklassen für Grundwasser.....	25
Tabelle 3: Wasser- und Abwasseranfall im Niederschlagsgebiet des Schwarzbachs	28

1 Veranlassung

Das Institut Fresenius, Chemische und Biologische Laboratorien GmbH, Fresenius Umwelt Consult, wurde mit Schreiben vom 20.06.2000 von der Flughafen Frankfurt Main AG (FAG; seit 29.01.2001 Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide, kurz Fraport AG) beauftragt, ein hydrologisches und hydrogeologisches Gutachten hinsichtlich des geplanten Flughafenausbaues zu erstellen. Der Untersuchungsumfang umfasste Arbeiten gemäß des Leistungsbildes „Hydrologie/Hydrogeologie“.

Der Gesamt-Untersuchungsraum wurde durch den UVS-Gutachter festgelegt und im Rahmen des Scoping-Verfahrens im Bereich der Vorzugsvariante Nordwest nach Westen über den Main erweitert. Er ist in den relevanten Kartendarstellungen als rot markierter Bereich gekennzeichnet. Er umfasst über den Nahbereich der Varianten und die variantenunabhängigen Flächen hinaus insbesondere den Bereich der nahegelegenen Wasserschutzgebiete im Süden und Osten sowie den Bereich des Mönchbruches und ein Gebiet nordwestlich des Mains. Darüber hinaus wurden in Absprache mit der seinerzeitigen FAG engere Bearbeitungsgrenzen definiert, die sich auf die einzelnen Varianten beziehen und die in allen Kartendarstellungen blau markiert sind (vgl. Kap.8, Anhang 1).

Von der seinerzeitigen FAG wurde am 21.06.2000 festgelegt, dass für jede der drei Varianten ein eigenes Gutachten erstellt werden soll. Hierzu ergab sich ein ergänzender Band für die variantenunabhängigen Fläche. Dem vorangestellt wird dieser Band mit allgemeinen Angaben zum Untersuchungsgebiet mit Aussagen, die für den gesamten Untersuchungsraum Gültigkeit haben.

2 Vorbemerkungen

2.1 Allgemeines

Sämtliche Angaben in diesem Band beziehen sich auf übergeordnete Sachverhalte im Maßstab des gesamten Untersuchungsgebietes oder darüber hinaus. Detailliertere Angaben zu den jeweiligen engeren Bearbeitungsgrenzen der einzelnen Varianten und der variantenunabhängigen Fläche finden sich in den ergänzenden Gutachtenbänden.

2.2 Literatur

Für die Abarbeitung wurde

- ein breites Spektrum an Literatur herangezogen (siehe Literaturverzeichnis)
- verfügbare Karten (insbesondere geologische Karten und Fachgutachten) ausgewertet (siehe Kartenverzeichnis)
- Recherchen bei Fachbehörden wie HLUG und sonstigen Institutionen (z. B. Mainova AG) sowie bei den strategischen Geschäftsbereichen des Auftraggebers durchgeführt

Zur Grundlagenermittlung wurde auch der Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried (RP Darmstadt 1999) /44/ als Arbeits- und Bewertungsgrundlage mit herangezogen.

Dieser Plan wurde unter Mitwirkung mehrerer hessischer Ministerien, Fachbehörden und Ingenieurbüros erstellt, weil wiederholt im Bereich des Hessischen Rieds Grundwasserabsenkungen aufgetreten sind, die in weiten Bereichen zu erheblichen Vegetationsschäden und zu Setzungsschäden an Bauwerken geführt haben. Er enthält die Ergebnisse der Überprüfung von Gegenmaßnahmen sowie die resultierenden Handlungsempfehlungen.

Der räumliche Geltungsbereich des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried umfasst im südlichen Teil des Regierungsbezirkes Darmstadt den Landkreis Groß-Gerau insgesamt, die westlichen Teile der Landkreise Bergstraße, Darmstadt-Dieburg und Offenbach sowie die Stadt Darmstadt.

Das Untersuchungsgebiet liegt jedoch nur teilweise im räumlichen Geltungsbereich des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried. Es befindet sich am nördlichen Rand, da es nur mit den südlichen und westlichen Anteilen zu den Landkreisen Groß-Gerau und Offenbach gehört. Da die Fachinformationen des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried sich in der Regel bis an den Main erstrecken, werden sie in diesem Gutachtenband mit herangezogen.

Der Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried zeigt auch zulässige obere und untere Grenzgrundwasserstände für das Untersuchungsgebiet, unterteilt in 11 Teilräume, auf. Für das Gesamt-Untersuchungsgebiet des Flughafens sind nur wenige Referenzmessstellen relevant (Bezeichnungen 527.039 527.261 und 527.207; alle im Teilraum Mörfelden). Diese liegen jedoch lediglich auf dem Rand des Untersuchungsgebietes.

Insofern kann der Bericht nur teilweise als Arbeits- und Bewertungsgrundlage herangezogen werden. Darüber hinaus sind die dort formulierten Ziele überwiegend auf Wasserquantität, nicht aber auf Wasserqualität bezogen.

2.3 Beschreibung des Stoffinventars

Die Beschreibung der im Bereich der einzelnen Varianten bzw. der variantenunabhängigen Fläche eingesetzten Stoffe stellt einen wesentlichen Baustein für die Ableitung der stoff- und nutzungsbezogenen Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers dar (siehe Kapitel 3.9). Sie erfolgt in diesem Band im Kapitel 4.3.

3 Ist-Situation (2000): Geologie/ Hydrogeologie

3.1 Übersicht der geologischen Verhältnisse

Die Angaben aus dem folgenden Kapitel sind im wesentlichen aus HLfB (1986) /22/ sowie den Erläuterungen der GEOLOGISCHEN KARTEN GK 5916 und GK 5917 entnommen.

Großräumig betrachtet, liegt das Untersuchungsgebiet, d. h. der Flughafen Frankfurt/Main und dessen Umfeld im nördlichen Teil des Oberrheingrabens, der sich von Basel bis in das Rhein-Main-Gebiet erstreckt. Er ist durch eine seit dem Tertiär anhaltende Senkungsbewegung gekennzeichnet. Die Füllung des dadurch entstandenen Grabens besteht aus mächtigen Sedimentabfolgen. Während im Tertiär (Miozän, ca. 26 bis 7 Millionen Jahre) hauptsächlich marine (kalkige) Sedimente abgelagert wurden, wurden im Jungtertiär (Pliozän, ca. 5 bis 1,8 Mio. Jahre) und im anschließenden Quartär (Pleistozän, ca. 1,8 bis 0,01 Mio. Jahre) überwiegend terrestrische Abtragungsprodukte der angrenzenden Hochgebiete abgelagert.

Die Sedimentation war von intensiver Tektonik begleitet. Neben den begrenzenden Haupttrandstörungen sind im Graben selbst eine Vielzahl von Störungen entwickelt, die den Untergrund in ein kompliziertes Schollenmosaik zerlegen.

Der Untersuchungsbereich liegt überwiegend im Bereich der sogenannten „Kelsterbacher Tiefscholle“, die vor etwa 2 bis 5 Millionen Jahren entstanden ist. Sie wird im Süden durch die „Walldorfer Ost-West-Störung“ vom „Walldorfer Horst“ abgegrenzt. Im Westen besteht ein undeutlicher Übergang zum „Hattersheimer Graben“, einer überwiegend mit pliozänen

Sedimenten gefüllten Senkungsstruktur. Der Hattersheimer Graben ist kartografisch nicht ausgewiesen.

Die angrenzenden Hochschollen liegen außerhalb des Untersuchungsraumes und wurden nicht betrachtet.

Den relevanten Strukturen der „Kelsterbacher Tiefscholle“ und des „Hattersheimer Grabens“ ist gemeinsam, dass die oberflächennahen Schichten aus Lockergesteinen altpleistozäner Mainablagerungen bestehen, die verschiedenen Terrassengenerationen des Mains (T 1 bis T 7) zugeordnet werden, die teilweise als deutliche Geländekanten erkennbar sind.

Die Mächtigkeit der pleistozänen Schichten weist erhebliche Variationen auf. Im Kernbereich des Flughafens ist ein Maximum mit einer Pleistozänmächtigkeit von über 40 m zu erkennen, das an eine Ost-West-verlaufende Rinnenstruktur gebunden ist. Insbesondere nach Norden hin nimmt die Pleistozänmächtigkeit rasch ab und erreicht nördlich des Pumpwerkes Schwanheim zum Main hin, wahrscheinlich aber auch nach Westen im Bereich des „Hattersheimer Grabens“, eine minimale Mächtigkeit von ca. 10 m.

Die pleistozänen Sedimente sind in einem fluviatilen System (alte Mainläufe) entstanden. Sie bestehen überwiegend aus mittel- bis grobkörnigen Sanden, kiesigen Sanden und sandigen Kiesen sowie aus Ton- und Schluffzwischenlagen.

Entsprechend den fluviatilen Ablagerungsbedingungen, die durch ständig wechselnde Flussverläufe und Strömungsverhältnisse geprägt waren, sind die Ausbildung und die Verbreitung der abgelagerten Sande und Kiese sowohl horizontal als auch vertikal stark variabel. So finden sich in den Sanden und Kiesen immer wieder schluffig-tonige Zwischenlagen. Sie sind nur als lokale, kaum miteinander korrelierbare Linsen ausgebildet.

Im nördlichen Teil des Blattes Kelsterbach nimmt die Mächtigkeit des pleistozänen Anteils (Bereich Werk Hoechst / Schwanheim / Goldstein) aufgrund einer Geländestufe deutlich ab.

Im Bereich der „Kelsterbacher Scholle“ sowie des „Hattersheimer Grabens“ folgen im Liegenden (d. h. unterhalb der pleistozänen Schichten) 100 bis 140 m mächtige pliozäne Ur-

mainablagerungen, die durch ihre graue Färbung oftmals gut gegen die pleistozänen Schichten abgrenzbar sind.

Die pliozäne Schichtfolge besteht ebenfalls aus Sedimenten eines Flusssystems („Urmain“), die im Durchschnitt jedoch feinkörniger ausgebildet sind als die pleistozänen Sedimente, d. h. sie enthalten höhere Gehalte an Schluff und Ton sowie Braunkohleflöze und Holzreste. Deren Mächtigkeit beträgt im Untersuchungsgebiet minimal ca. 70 m und maximal über 150 m. Eine kartografische Darstellung erfolgt in Kapitel 8, Anhang 1.

Im Bereich der südlich anschließenden Hochscholle („Walldorfer Horst“) fehlen unter den pleistozänen Sedimenten die pliozänen Sedimente. Stattdessen stehen dort Festgesteine wie kalkhaltige Tone und Kalksteine des Miozän an, die im Bereich der Kelsterbacher Tiefscholle dagegen erst in wesentlich größeren Tiefen auftreten (ca. – 50 m NN gegenüber 80 m NN).

Die Anzahl der bis ins Pliozän reichenden Bohrungen ist aufgrund der notwendigen Bohrtiefe geringer als der in das Pleistozän reichenden, so dass die Sicherheit der Aussagen über die Pliozänmächtigkeit geringer ist.

Die Pliozänmächtigkeiten sind ebenfalls in Kapitel 8, Anhang 1, in Form einer Karte dargestellt.

Im Liegenden der insgesamt ca. 80 bis 180 m mächtigen pleistozänen und pliozänen Mainsedimente folgen ältere (miozäne und oligozäne) marine Sedimente sowie wesentlich ältere Gesteine des „Rotliegenden“. Diese Gesteine sind für die weiteren Untersuchungen nicht relevant.

Im Ostteil des Untersuchungsgebietes wurde in einer Tiefenlage um 0 m NN eine ca. 10 m mächtige Basaltlage erbohrt (Schwanheim XII der Mainova AG). Diese ist als Erosionsrest einer ausgedehnten Basaltdecke des Vogelsberg-Vulkanismus vor ca. 15 Mio. Jahren zu interpretieren, die ursprünglich zumindest im östlichen Untersuchungsgebiet eine vergleichbare Ausdehnung besaß. Ihr Fehlen in der weiter westlich gelegenen, 151 m tiefen Bohrung Hinkelstein III S belegt tektonische Aktivitäten.

3.2 Übersicht der hydrogeologischen Verhältnisse

3.2.1 Aquifermächtigkeit

Grundwasser zirkuliert in den Poren der pleistozänen und pliozänen Lockergesteine.

In der „Kelsterbacher Tiefscholle“ sowie in den betrachteten Teilen des „Hattersheimer Grabens“ ist keine großräumig durchgehende Trennung zwischen pleistozänen und pliozänen Schichten entwickelt, so dass sich hier ein rund 60 bis 180 m mächtiger Aquifer entwickelt hat. Die Begrenzung zum Liegenden erfolgt durch miozäne Tone. Allerdings sind aus Teilbereichen hydraulisch wirksame Trennungen zwischen pleistozänen und pliozänen Schichten bekannt.

Südlich der „Walldorfer Ost-West-Störung“ folgen geringdurchlässige miozäne Schichten unter den pleistozänen Sanden und Kiesen. Die Aquifermächtigkeit beträgt ca. 30 bis 40 m.

Ein hydrogeologischer Schnitt durch das Untersuchungsgebiet wurde im Auftrag der seinerzeitigen FAG von der Arbeitsgruppe „Grundwassergüte“ des RP Darmstadt 1986 erstellt und zeigt in schematischer Darstellung die Verhältnisse im Untersuchungsraum (HLfB 1986) /22/. Aufgrund der Lage des Schnittes im Bereich des „Walldorfer Horstes“ wird eine Aquifermächtigkeit von 20 - 25 m vermutet. Nördlich der Randstörung geht das Institut Fresenius von einer Plioziän-Basis in einer Tiefenlage von ca. –50 m NN aus. Dies würde bei einem Grundwasserspiegel zwischen 90 m NN und 100 m NN eine Gesamt-Aquifermächtigkeit von 140 - 150 m darstellen. Nach Auffassung des Institutes Fresenius besteht teilweise lokal eine Trennung zwischen Pleistozän und Plioziän, wobei regional nicht von einer hydraulisch wirksamen Trennschicht auszugehen ist.

Dem gegenüber kann aus der Erläuterung der GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 für die Gesamtmächtigkeit des Aquifers im Untersuchungsraum eine Spanne in der Größenordnung von 75 bis über 190 m abgeleitet werden.

3.2.1.1 Grundwasserfließrichtung

Die generelle Fließrichtung für das Hessische Ried und angrenzende Gebiete kann (RP Darmstadt 1999) /44/ entnommen werden.

Die regionale Fließrichtung korreliert mit den Ergebnissen der halbjährlichen lokalen Messungen des Gewässerschutzes der Fraport AG im Bereich der Frankfurter Flughafens (Fraport AG ohne Jahr) /11/. Danach ist eine nach Westnordwest gerichtete Grundwasserfließrichtung dokumentiert, die im Bereich der Geländekante nördlich Goldstein und Schwanheim nach Nordwesten bis Norden umbiegt. Die Grundwassergleichen für den Bereich des Flughafens zeigen gemäß der allgemeinen Erkenntnisse eine von Ostsüdost nach Westnordwest gerichtete Fließrichtung, die im Süd- und Südwestteil des Flughafens nach Südwesten umschwenkt.

Die natürlichen Fließverhältnisse sind im Beiblatt der GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 anhand einer Darstellung der historischen Grundwassergleichen aus dem Jahr 1884 ersichtlich, die jedoch nur den Bereich zwischen der o. g. Geländekante im Norden und der heutigen nördlichen Bebauungsgrenze von Walldorf im Süden umfasst. Daraus geht hervor, dass im Vergleich der historischen Daten von 1923 und 1964 ein Drehen der Fließrichtung im Nordteil des Untersuchungsgebietes von Nord bis Nordwest auf Nordwest bis Westnordwest zu verzeichnen ist.

Der Bereich des Mönchbruches ist in diesem Zusammenhang nicht dokumentiert.

Intensive anthropogene Beeinflussungen wie Grundwasserentnahmen, Grundwasseranreicherungen sowie die Main-Staustufen haben insbesondere im Westen des Untersuchungsgebietes die Grundwasserfließrichtung stark verändert. Im Bereich nahe des Mains finden, insbesondere durch Staustufen beeinflusst, Infiltration aus dem Gewässer in das Grundwasser und Exfiltration aus dem Grundwasser in das Gewässer statt (RP Darmstadt 1999) /44/. Dies belegen auch Temperaturmessungen in Messstellen nahe des Maines.

3.2.1.2 Nutzbares Porenvolumen

Nach (Hölting 1984) /24/ kann in Abhängigkeit von der Korngröße von folgenden nutzbaren Porenvolumina ausgegangen werden (alle Angaben in %):

→ Feinsand	10 - 20
→ Mittelsand	12 - 25
→ Grobsand	15 - 30
→ kiesiger Sand	16 - 28

- Feinkies 15 - 25
- Mittelkies 14 - 24

Nach der GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 wird bei den grundwasserführenden Kiesen und Sanden von einem nutzbaren Porenvolumen zwischen 15 % und 20 % ausgegangen, wobei die Werte für pleistozäne Kiessande eher bei 15 % liegen.

3.2.1.3 Grundwasserfließgeschwindigkeit

Unter Grundwasserfließgeschwindigkeit wird hier die Abstandsgeschwindigkeit verstanden, die aus dem Durchlässigkeitsbeiwert k multipliziert mit dem Grundwassergefälle, dividiert durch das nutzbare Porenvolumen errechnet wird. Es ergibt sich eine Wertespanne von 0,5 bis 1 m/d, die natürlichen und künstlichen Schwankungen unterworfen ist. In der Nähe von Entnahmen besteht durch den Entnahmetrichter naturgemäß ein größeres Gefälle. Dort kann der Wert auf mehrere Meter pro Tag ansteigen (HLfB 1986) /22/.

3.3 Differenzierung der Grundwasserstockwerke

Im Untersuchungsgebiet ist weitgehend - inklusive des nördlichen und mittleren Flughafengeländes - ein einheitlicher sandig-kiesiger Grundwasserleiter ohne regional ausgebildete Abtrennung zwischen pleistozänen und pliozänen Schichten entwickelt. Dieser wird nachfolgend als „Hauptgrundwasserstockwerk“ bezeichnet. Im Südteil des Untersuchungsgebietes ist aufgrund einiger eingeschalteter tonig-schluffiger Lagen der pleistozäne Anteil am Hauptgrundwasserstockwerk in verschiedene Grundwasserleiter gegliedert, die hydraulisch miteinander in Verbindung stehen (HLfB 1997) /21/.

Aus einer Vielzahl von Beobachtungen ist bekannt, dass es sich bei dem Grundwasserleiter im Bereich des bestehenden Flughafengeländes größtenteils um einen einheitlich ausgebildeten Leiter handelt. Lokal ist im nördlichen und mittleren Bereich der Startbahn West ein oberflächennaher schwebender Leiter (Flurabstand ca. 1 bis 3 m) ausgebildet. Als Stauer fungiert eine schluffig-tonige Trennschicht in ca. 3 - 4 m Tiefe, die sich in nordwestliche, nordöstliche und auch südwestliche Richtung fortsetzt (HLfB 1997) /21/.

Eine weitere Trennschicht tritt östlich davon im Bereich der variantenunabhängigen Fläche (Westteil der geplanten variantenunabhängigen Fläche) in Erscheinung. Sie liegt in ca. 7 bis 10 m Tiefe. Die hydraulische Wirksamkeit ist in diesen Bereichen jedoch fraglich, da die

Trennschicht möglicherweise durchlässige Bereiche aufweist. Die Verbreitung des schwebenden Leiters sowie die vermutete Verbreitung der differenzierenden Trennschicht sind aus Karte in Kap. 8 Anhang 2 ersichtlich.

Teilweise (z. B. im Norden des Flughafens) wird zwischen pleistozänem und pliozänem Grundwasserleiter unterschieden. Dies ist immer dann der Fall, wenn hydraulisch wirksame Trennschichten ausgebildet sind. Ersichtlich wird dies durch unterschiedliche Grundwasserdruckhöhen der einzelnen Leiter. Beispielsweise ist im Fall der Dreifachgrundwassermessstelle GWM 487 (Lage nördlich der B 43 im Frankfurter Stadtwald) nach der Messstelle 487 c nur im Pliozen verfiltert. Sie weist in den regelmäßigen Beprobungen jeweils etwas abweichende Druckhöhen gegenüber den Messstellen 487 a und 487 b auf.

Entlang einer West-Ost verlaufenden Linie zwischen dem Süden der Startbahn West und der Ortslage Walldorf wechselt die Geologie unterhalb der pleistozänen Schichten. Dort stehen miozäne Tone an. Dort ist der Grundwasserleiter auf die pleistozänen Kiese und Sande beschränkt.

3.4 Deckschichtenverhältnisse

Gemäß der Definition nach (HÖLTING 1984) /24/ bestehen die Deckschichten aus allen Schichten oberhalb der Grundwasseroberfläche.

Als Deckschichten fungieren demnach die in Kapitel 3.3 genannten Lockergesteine (Kiese und Sande) der ungesättigten Zone. Lokal sind Schluff- und Tonhorizonte eingeschaltet.

Oberflächennah stehen teilweise Flugsande an. Sie sind durch anthropogene Einflüsse in ihrer Flächenausdehnung reduziert.

Folgende Bodentypen treten im Untersuchungsgebiet (betrachtet wird der Raum östlich des Mains) überwiegend auf (INTERPRETATION BK 50 NÖRDLICHE OBERRHEINEBENE):

- Braunerde mit Bändern aus Decksediment über Flugsand in Gebieten der pleistozänen Terrassenflächen mit Flugsandauflagen, sehr hohe Wasserdurchlässigkeit, geringe Sorptionskapazität, geringes Schwermetallfiltervermögen, geringes Nitratrückhaltevermögen

- Gley-Braunerde aus Decksediment über Flugsand, z. T. über Terrassensand in schwach reliefierten Flugsandgebieten mit Grundwasserständen < 2 m, hohe bis sehr hohe Wasserdurchlässigkeit, geringe Sorptionskapazität, kein Schwermetallfiltervermögen, geringes Nitratrückhaltevermögen
- (Gley-, Bänder-) Parabraunerde aus Decksediment über Flugsand über Terrassensand in schwach reliefierten Flugsandgebieten, hohe bis mittlere Wasserdurchlässigkeit, mittlere Sorptionskapazität, mittleres Schwermetallfiltervermögen, mittleres Nitratrückhaltevermögen
- Braunerde aus Decksediment über Terrassensand und -kies auf Terrassensandflächen, geringe bis sehr geringe Sorptionskapazität, hohe bis sehr hohe Wasserdurchlässigkeit, geringes Schwermetallfiltervermögen, geringes Nitratrückhaltevermögen
- Gley, örtlich Naßgley und Anmoorgley aus Decksediment über Flugsand und/oder Terrassensand in Tiefenlagen der schwach reliefierten Terrassenflächen bzw. Flugsandgebiete, hohe Wasserdurchlässigkeit, stark grundnass, geringe Sorptionskapazität, mit Schwermetallen nicht belastbar, geringes Nitratrückhaltevermögen
- untergeordnet (Reliktgley-) Parabraunerde, z. T. pseudovergleyt aus mehreren pleistozänen Hochflutlehmen über Terrassensand und -kies; geringe Wasserdurchlässigkeit, hohe Sorptionskapazität, großes Schwermetallfiltervermögen, mittleres Nitratrückhaltevermögen
- untergeordnet (jedoch in der Aue des Gundbaches) (Auengley-)Brauner Auenboden aus mehreren sandigen Auenlehmen über Terrassensand und -kies; mittlere bis hohe Wasserdurchlässigkeit, mittlere Sorptionskapazität, kein Schwermetallfiltervermögen, mittleres Nitratrückhaltevermögen
- untergeordnet Parabraunerde-Gley aus flugsandreihem Decksediment über Hochflutsedimenten, evtl. örtlich mit Carbonatanreicherungshorizont, über Terrassensand und -kies, hohe Wasserdurchlässigkeit, mittlere Sorptionskapazität, mit Schwermetallen nicht belastbar, geringes Nitratrückhaltevermögen
- selten Pseudogley-Gley aus jüngeren Bachsedimenten oder Decksediment über Hochflutlehm, evtl. örtlich mit Carbonatanreicherungshorizont, über Terrassensand und Kies, hohe (im Staukörper geringe) Wasserdurchlässigkeit, mittlere Sorptionskapazität, kein Schwermetallfiltervermögen, geringes Nitratrückhaltevermögen

Die variantenbezogenen Darstellungen erfolgen in den Teilgutachten.

In vergleyten Bereichen ist der Boden grundnass, d. h. teilweise aktuell oder aber in Zeiten höherer Grundwasserstände grundwasserbeeinflusst.

3.5 Grundwasserstandsmessungen, Grundwassergleichen- und Flurabstandspläne

3.5.1 Grundwasserspiegelhöhen und Grundwasserflurabstand

Der Grundwasserspiegel und somit auch der Flurabstand sind in der langfristigen Betrachtung erheblichen Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen sind insbesondere von Höhe und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge sowie von Grundwasserentnahmen abhängig. Die Schwankungen liegen im nördlichen Flughafenbereich nach dem Beiblatt 2 zur geologischen Karte von Hessen 1 : 25.000, Blatt 5917 Kelsterbach, bei etwa 6 m. Diese Differenz bezieht sich auf die Messungen von 1884 („unbeeinflusster Zustand vor Beginn der Entnahme 1885“) und 1976 („Trockenphase“).

Die regionalen Grundwassergleichendarstellungen und damit die Angaben zum Grundwasserflurabstand wurde aus folgenden Publikationen entnommen:

- Beiblätter zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.000, Bl. 5917 Kelsterbach und 5916. Diese Blätter stellen die Situation im Oktober 1976 dar und decken den größten Teil des Untersuchungsraumes ab.
- Darstellung des regionalen Grundwasserflurabstandes zu drei Zeitpunkten (Grundwasserhochstand April 1988, mittlerer Grundwasserstand im Oktober 1990 und Grundwasserniedrigstand im Oktober 1993) für den Bereich des Hessischen Rieds (RP Darmstadt 1999) /44/. Die Darstellung geht nach Süden weit über den Untersuchungsraum hinaus, endet aber nach Westen am Main und umfasst dadurch nicht das gesamte Untersuchungsgebiet. Sie ist aufgrund des Darstellungsmaßstabes generalisiert.

Durch das Messstellennetz des Landesgrundwasserdienstes, sowie langjährige Beobachtungen verschiedener Messstellenbetreiber wie die Mainova AG und der Grundwassergüteüberwachung der Fraport AG liegen für Teilbereiche des Untersuchungsraumes bzw. einzelne Messstellen langjährige Zeitreihen vor. Diese Zeitreihen werden bei Bedarf innerhalb der Darstel-

lungen der einzelnen Varianten anhand der Messstellen diskutiert, die auf oder in der Nähe der einzelnen Variantenflächen liegen (IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

In einem Großteil des Untersuchungsgebietes liegen die aktuellen Grundwasserflurabstände zwischen 5 und 15 m (im Bereich von Absenkungstrichtern auch mehr), wobei sie kontinuierlich von Süden nach Norden bis zur unten genannten Terrassenkante zunehmen. Dies ist durch den topografischen Anstieg nach Norden hin (bedingt durch die Mainterrassen) und dem gleichzeitigen Abfluss des Grundwassers nach Nordwesten bei abnehmenden Spiegelhöhen begründet. Nördlich der Terrassenkante zwischen Kelsterbach und Schwanheim sowie westlich von Kelsterbach verringert sich der Flurabstand durch das Fehlen einer Terrasse sprunghaft auf Werte um oder unter 5 m.

Im Kartenteil (vgl. Kap. 8, Anhang 2, Blätter 1 und 2) erfolgen zwei Darstellungen der Grundwasserspiegelhöhen mit niedrigen und hohen Grundwasserständen sowie entsprechend zwei Flurabstandspläne (RP Darmstadt 1999) /44/. Für den Bereich westlich des Main waren keine flächendeckenden Daten verfügbar.

Im südlichen Untersuchungsgebiet zwischen Walldorf und dem Mönchbruch verringert sich der Flurabstand weiter bis nahe Null. Dies ist durch den sich nach Westen weitenden Talzug des Gundbaches bedingt, der in den Mönchbruch übergeht. Hier treten grundwasserbeeinflusste Böden und damit entsprechend geprägte Vegetationsbereiche auf.

Eine Besonderheit stellt ein Teilbereich im mittleren Abschnitt der Startbahn West dar. Hier ist ein oberflächennaher Grundwasserleiter ausgebildet, dessen Ausdehnung aus (HLfB 1997) /21/ hervorgeht. In diesem Bereich liegt der Grundwasserflurabstand bei ca. 1-2 m.

Eine detailliertere Darstellung des engeren Flughafenbereiches und des nördlich anschließenden Stadtwaldes findet sich im Kartenanhang der einzelnen Varianten. Bei der dort verarbeiteten Datengrundlage handelt es sich in der Hauptsache um die Daten der Messungen aus dem „Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried“ (RP Darmstadt 1999) /44/ (jeweils Höchststand April 1988). Im Bereich der Variante Nordost haben sich die hydraulischen Bedingungen seit 1998 durch die Inbetriebnahme der hydraulischen Sanierung des Nitratschadens stark verändert. Daher erfolgte eine separate Auswertung auf der Basis der Stichtags-

messung im Oktober 2000 im Rahmen der Grundwassergüteüberwachung der seinerzeitigen Flughafen Frankfurt/Main AG sowie um Daten der Mainova AG.

Nach den Aussagen des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried (RP Darmstadt 1999) /44/ tritt derzeit keine entnahmebedingte Grundwasserabsenkung im flughafennahesten Teilraum, dem Nordteil des Teilraumes Mörfelden, auf. Insofern sind dort keine anthropogen verursachten Über- oder Unterschreitungen der Grenzgrundwasserstände zu besorgen.

3.5.2 Bereiche geringen Flurabstandes

Bereiche geringen Flurabstandes sind nach (RP Darmstadt 1999) /44/ Bereiche, in der ein Flurabstand von ca. 5 m unterschritten wird. Die Besonderheit dieser Standorte (insbesondere bei Flurabständen unter 3,5 m) ist, dass die Vegetation, insbesondere die Bäume, mit ihren Wurzeln direkt an das Grundwasser bzw. an den kapillaren Aufstieg von Grundwasser angeschlossen sind. In diesen Bereichen besteht bei Vergrößerungen des Flurabstandes die Gefahr, dass die Wasserversorgung der Pflanzen gestört wird und es zu Schädigungen der Bäume kommt. Diese Bereiche sind durch standorttypische Vegetationen (Bruchwälder bis hin zu feuchtgebietstypischer Vegetation) gekennzeichnet.

Die Karten der Grundwasserflurabstände April 1988 und Oktober 1993 (vgl. Kap. 8 Anhang 2, Blätter 1 und 2) zeigen, dass folgende Teile des Gesamt-Untersuchungsgebietes Grundwasser mit Flurabständen unter 5 m aufweisen:

- Südlich des Flughafens treten in der Nähe der Startbahn West im „Markwald“ vernässte Zonen auf, die nach Süden in die grundwassergeprägte Landschaft des Mönchbruches übergehen. In diesem Bereich wurden durch das Forstamt Mörfelden-Walldorf seit etwa 1992 eine Reihe von Feuchtbiotopen in Form von offenen Wasserflächen angelegt. Diese werden im Rahmen der Betrachtung der Variante Süd näher behandelt (IF 2001 a) /27/.
- Südlich davon schließt sich ein größerer Bereich zwischen Walldorf im Osten, der B 486 im Süden und der Untersuchungsgebietsgrenze im Westen an, der deutliche Vernässungsanzeichen aufweist. In diesem Bereich liegt das Naturschutzgebiet „Mönchbruch“.

- Im Norden des Untersuchungsgebietes befindet sich nördlich der Terrassenkante zwischen der Brunnenkette „Hinkelstein Nord“ und der Ortslage Schwanheim ein Bereich geringer Flurabstände. Die dort befindliche Wiese „Steinichte Wellen“ (Bereich des Bachlaufes des Kelsterbaches) sowie die südlich anschließende Fläche bis zur eigentlichen Terrassenkante weisen entsprechende grundwasserbeeinflusste oder ehemals grundwasserbeeinflusste Böden auf.
- Auch die Mainuferwiesen zwischen Kelsterbach und Raunheim sowie ein Teilareal westlich des Main weisen einen geringen Flurabstand auf.

Nicht in der Kartendarstellung enthalten sind kleinere vernässte Zonen in ausgekiesten Bereichen entlang der A 3 und der Eisenbahn-Neubaustrecke südlich der Vorzugsvariante Nordwest sowie ein kleiner Bereich im Westen der Vorzugsvariante Nordwest.

Eine variantenspezifische Betrachtung erfolgt in den Einzelgutachten.

3.6 Hydraulische Gebirgseigenschaften

Im Rahmen des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried (RP Darmstadt 1999) /44/ wurden zur Ermittlung der Größe und Verteilung der Durchlässigkeiten der pleistozänen und pliozänen Sande und Kiese der verschiedenen Aquifere vom HLfB insgesamt 1.500 Pumpversuche ausgewertet. Überwiegend handelt es sich hierbei um Einlochpumpversuche.

Für die Kelsterbacher Tiefscholle erbrachte die Pumpversuchsauswertung eine vom Main nach Süden abnehmende Durchlässigkeit, die zwischen Werten von $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s im Norden und etwa $5 \cdot 10^{-4}$ m/s im Bereich Walldorf/Langen variiert. Eine tiefenabhängige Veränderung der Durchlässigkeit ist hier, ebenso wie im Walldorfer Horst, nicht zu erkennen.

Nach Angaben der Mainova AG liegen die k-Werte des pleistozänen Leiters im gut erforschten Bereich der Wassergewinnungsanlagen im Schwanheimer Wald in einer Bandbreite von 3 bis $6,3 \cdot 10^{-4}$ m/s (Mainova AG 2000) /40/.

Da der untere, pliozäne Teil des „Hauptgrundwasserstockwerkes“ eine im Durchschnitt feinere Körnung aufweist als der pleistozäne Anteil, ist insgesamt von einer geringeren Durchlässigkeit auszugehen.

3.7 Chemismus des Grundwassers und der Gewässer

3.7.1 Natürliche Verhältnisse

Hinsichtlich des Chemismus wird zwischen natürlicher (geogener) Beschaffenheit und anthropogenen Faktoren unterschieden. Aufgrund der intensiven Nutzung des Rhein-Main-Gebietes ist davon auszugehen, dass die unbeeinflusste natürliche Grundwasserbeschaffenheit nicht mehr anzutreffen ist. Gleichwohl ist die Intensität der anthropogenen Veränderungen stark unterschiedlich.

Die wichtigsten Kationen weisen im oberflächennahen Grundwasser des Untersuchungsraumes die geogenen Konzentrationen von Natrium⁺ < 20 mg/l, von Kalium⁺ < 5 mg/l und von Calcium < 100 mg/l auf. Hinsichtlich der Hauptanionen ist bei Nitrat von Gehalten < 10 - 20 mg/l (nur biogene Entstehung) auszugehen, bei Chlorid⁻ < 20 - 30 mg/l, bei Sulfat < 30 mg/l und bei Hydrogenkarbonat < 100 mg/l bzw. > 100 mg/l (200 - 400 mg/l) (RP Darmstadt 1999) /44/.

Da in den pleistozänen Sedimenten häufiger auch in größeren Tiefen Torf- und Holzlagen angetroffen werden, sind geringe NH₄- und H₂S-Gehalte nicht ungewöhnlich, sehr kleine bis fehlende Nitrat- und Sauerstoffwerte belegen die reduzierenden Bedingungen im tieferen Teil des Oberen Grundwasserleiters.

Aus der langjährigen Grundwassergüteüberwachung der Fraport AG auf dem Betriebsgelände des Flughafens ergeben sich folgende Aussagen (Fraport AG ohne Jahr) /11/:

- Die Sulfatgehalte im Grundwasser nehmen bei Durchströmen des Flughafengeländes von Werten um 60 mg/l auf Werte um 30 – 40 mg/l ab. Ursache ist der Zustrom unbelasteten neugebildeten Grundwassers.
- Die Chlorid-Konzentration des Grundwassers wird durch die Einträge aus dem Niederschlag, noch stärker aber durch Winterdienststeinsätze entlang der Straßen gesteuert (IF 1999/2000) /37/.
- Die Nitratgehalte liegen im Oberstrom südöstlich des Flughafens um 30 mg/l und können demnach als leicht anthropogen beeinflusst gelten. Im Verlauf des Durchströmens des Flughafengeländes nehmen sie auf über 100 mg/l, im Extremfall sogar auf über 300 mg/l zu. Ursache ist der unten geschilderte Nitratschaden.

- Die im Untersuchungsgebiet weit verbreiteten sandigen Böden weisen zu Zeiten der Grundwasserneubildung, d. h. mindestens in der vegetationsfreien Zeit, ohnehin ein Potential zur Nitratauswaschung aus Waldarealen auf. Die jährliche Nitratauswaschung steht in enger Beziehung zur jährlichen Grundwasserneubildung. Dies ist auch durch Untersuchungen der Fraport AG-Grundwassergüteüberwachung im Süden der Startbahn West bekannt (Fraport AG ohne Jahr) /11/.

3.7.2 Grundwasserverunreinigungen

Grundwasserbelastungen im Untersuchungsbereich rühren von einer Reihe von Grundwasserschäden her, die in den Gutachten G 11.1 bis 11.4 beschrieben sind (IF 2001 e–h) /31/, /32/, /33/, /34/. Relevante Schäden werden im folgenden kurz beschrieben:

- **Nitrat-Grundwasserschaden**

Durch die Anwendung von harnstoffhaltigen Winterdienstmitteln kam es seinerzeit zu einer Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Daher wurden entlang einer Kette nördlich des Flughafengeländes sowie auf dem Flughafengelände zur Sanierung insgesamt 14 Sanierungsbrunnen installiert. Derzeit (Juli 2001) werden aus 12 (geplant 14) Sanierungsbrunnen maximal ca. 300 m³ pro Stunde nitratbelastetes Wasser denitrifiziert und über Schluckbrunnen im Oberstrom der Trinkwassergewinnungsanlagen Hinkelstein re-infiltriert. Die restliche Laufzeit der Sanierung wird ca. 15 Jahre betragen. Die Konzentrationen an den in Betrieb befindlichen Sanierungsbrunnen liegen in einer Größenordnung zwischen 150 mg/l und 300 mg/l (Mainova AG 2000) /40/.

Die Lage des Nitratschadens und die ungefähre Fahnengröße ist aus der Karte in Kap. 8 Anhang 3 ersichtlich (IF 2001 c und f) /29/, /32/.

- **LCKW-Grundwasserschaden**

Nach einem LCKW-Schaden in den 70er Jahren entstand eine Grundwasserfahne, die sich heute aus dem Bereich der DLH-Basis auf dem Flughafengelände hinausbewegt hat und sich inzwischen bis nach Kelsterbach am Main erstreckt. Zur Sanierung werden derzeit 5 Entnahmebrunnen (sowohl im Bereich der DLH-Basis als auch in Kelsterbach) betrieben.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Sanierungsmaßnahmen der Deutschen Lufthansa AG noch ca. 7 bis 10 Jahre andauern. Hierbei ist zu differenzieren zwi-

schen dem eigentlichen Schadenzentrum auf der Lufthansa Basis (noch ca. 5 bis 7 Jahre) und den Kontaminationsbereichen außerhalb der Basis (hier geht man von einer verbleibenden Restsanierungszeit von ca. 7 bis 10 Jahren aus). Die LCKW-Konzentrationen in den zwei Schadenszentren lagen im Oktober 1999 bei 0,7 mg/l (Lufthansa-Basis) und 1,0 mg/l (Nähe Umgehungsstraße Kelsterbach) (DLH Technik 2000) /5/ .

Die Lage des LCKW- Schadens und die Fahnggröße sind ebenfalls aus der Karte in Kap. 8 Anhang 3 ersichtlich (IF 2001 c und f) /29/, /32/.

- **Caltex-Schaden**

Grundwasserschäden durch Kohlenwasserstoffe im Bereich der ehemaligen Caltex-Raffinerie werden durch Entnahme an 6 Brunnen mit anschließender Strippung und Filtration saniert. Die hydraulische Sanierung begann 1974. Die beschleunigte in-situ-Sanierung lief im Jahr 1992 an. Der Zeitbedarf für die Sanierung der noch verbliebenen Restbelastung wird auf ca. 10 Jahre geschätzt. (IF 2001 d und g) /30/, /33/.

Die Lage des Kohlenwasserstoffschadens und die Fahnggröße sind ebenfalls aus der Karte in Kap. 8 Anhang 3 ersichtlich.

- **Arsen/ Nitroaromaten (Bereich Halle 9 / CC 2)**

Durch Sprengarbeiten von Munition und chemischen Kampfstoffen nach dem ersten Weltkrieg kam es zu einer Kontamination des Grundwassers. Der Belastungsschwerpunkt liegt im Bereich der heutigen Flugzeughalle 9 (Fraport AG-Gebäude 505) und des Bereiches CC 2 (Fraport AG-Gebäude 530/ 531). Die Lage des Schadens und die Fahnggröße sind ebenfalls aus der Karte in Kap. 8 Anhang 3 ersichtlich (IF 2001 b und h) /28/, /34/.

- **Nitroaromaten im Bereich der Lufthansa-Basis**

Bei Grundwasseruntersuchungen von 1991 bis 1993 auf der Lufthansa-Basis sowie nördlich der Lufthansa-Basis zwischen der B 43 und der A3 wurden in einigen Messstellen (GWM 471, LH 3, LH 4, LH 9, LH 7, LH 13, LH 17, LH 24) Sprengstoffrückstände wie Trinitrotoluol und Metabolite nachgewiesen (Angewandte Geologie-Arbeitsgruppe Umwelt GmbH, AGU 1994, nach DLH 2000) /5/. Ein Teil der Messstellen befindet sich auf der Fläche der geplanten Anbindungsmaßnahme der Variante Nordost. Eine Darstellung erfolgt nur im Teilgutachten zur Variante Nordost (IF 2001c) /29/.

- **Schäden im Bereich der US-Air-Base und der zurückgegebenen Teilflächen**

In diesem Bereich sind kleinräumig mehrere Grundwasserschäden bekannt. Diese werden im Rahmen der Darstellungen (IF 2001 b und h) /28/, /34/ betrachtet. Diese Schäden werden im Zuge der weiteren Maßnahmen saniert. Die Lage der Schäden und die Fahngenerößen sind aus der Karte in Kap. 8 Anhang 3 ersichtlich.

3.8 Grundwasserhaushalt und Grundwasserneubildung

3.8.1 Faktoren der Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung aus der Versickerung von Niederschlägen ist eine entscheidende Größe der Wasserhaushaltsbilanz. Die Höhe und Verteilung der Versickerung werden u. a. von klimatischen Standortfaktoren wie Niederschlag, Verdunstung, Flächennutzung, Bodeneigenschaften und morphologischen Verhältnissen beeinflusst.

Wesentlich für die weiteren Betrachtungen hinsichtlich der Veränderungen der Grundwasserspiegel durch Rodung, Versiegelung und Vegetationsveränderung (Wald zu Grasland) sind Betrachtungen zur Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der Vegetationsart.

Die Parameter Verdunstung, Nutzungsart, Bodeneigenschaften und Reliefsituation werden durch die Baumaßnahme verändert.

Abschätzbar ist der Niederschlagsanteil, der die durchwurzelte Bodenzone verlässt und in den Untergrund übergeht und in der Regel als potenzielle Grundwasserneubildung bezeichnet wird. Was von dieser Menge tatsächlich den grundwasserspeichernden Gesteinskörper erreicht, hängt von den hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrundes ab. Bei günstigen Eigenschaften sind die beiden Größen nahezu identisch.

3.8.2 Niederschläge

Dem Niederschlag kommt als maßgebende Eingangsgröße der Wasserhaushaltsbilanz für die Berechnung der Grundwasserneubildung eine besondere Bedeutung zu. Die Niederschläge weisen eine hohe zeitliche und räumliche Variation auf. Gemäß HLFb (1986) /22/ variierten die jährlichen Niederschlagshöhen, gemessen an der Klimahauptstation Frankfurt-Flughafen, zwischen 369 mm im Jahr 1976 und 1053 mm im Jahr 1965. Die mittlere Jahreshöhe der Periode 1949-1979 beträgt 649 mm.

Für die Station Frankfurt/M. (Flugwetterwarte) wurden folgende Werte (RP Darmstadt 1999) /44/ erfasst:

Jahresniederschlag April - März; Reihe 1961-1992 N-Jahr:	648,5 mm
Sommerniederschlag April - September; Reihe 1961-1992 (N-So):	354,9 mm
Winterniederschlag Oktober - März; Reihe 1961-1992, (N-Wi):	293,6 mm

3.8.3 Verdunstung

Großen Anteil an der Verdunstung hat die Vegetation. Die Verdunstung steht in Abhängigkeit zur Verdunstungsfläche, d. h. zum Beispiel zur Blattfläche eines Baumes. Der pflanzenabhängige Anteil an der Verdunstung wird als Transpiration bezeichnet.

Bei allen Bahnvarianten werden Waldbestände in Gras- oder Buschland bzw. in versiegelte Fläche umgewandelt. Damit sinkt die der Transpirationsanteil der Verdunstung ab. Der Evaporationsanteil (Verdunstung von der Erdoberfläche) wird aufgrund steigender Aufheizung des Bodens zunehmen. Insgesamt nimmt die Gesamtverdunstung ab.

Für die Verdunstung werden in der Literatur sehr unterschiedliche Werte angesetzt. In der Periode von 1891 - 1955 wurde eine Verdunstung von 430 - 450 mm gemessen (HLfB 1986) /22/, die sich mit den Angaben der GEOLOGISCHE KARTE HESSEN, GK 5917 decken. Dort wird außerdem ein Wert von 455 – 480 mm nach (Hauschulz 1959) /14/ angegeben.

Im Gegensatz dazu weisen die Angabe des Umweltatlasses Hessen (HLfU 1999) /19/ eine mittlere „Grasreferenzverdunstung“ von 601 – 625 mm aus. Diese gibt die Verdunstung einer standardisierten Grasdecke in standardisiertem Boden bei optimaler Wasserversorgung an. Allerdings ist die tatsächliche Verdunstung in Trockenperioden geringer, so dass der Wert als zu hoch erscheint.

Angaben aus dem Abschlussbericht des forstlich-ökologischen Beweissicherungsverfahrens im Raum der Startbahn West des Frankfurter Flughafens (Hessische Forstliche Versuchsanstalt 1993) /15/ zeigen, dass die Gesamtverdunstung stark von der Baumart des Bestandes abhängt (siehe Kapitel 3.8.6).

3.8.4 Oberirdischer Abfluss

Aufgrund des weitmaschigen Gewässernetzes (siehe Kapitel 0) und des gut durchlässigen Untergrundes findet in großen Teilen des Untersuchungsgebietes kein nennenswerter oberirdischer Abfluss statt. Eine Ausnahme stellt das Gebiet des Mönchbruches mit seinem geringen Flurabstand dar. Insbesondere südlich des engeren Bereiches des Mönchbruches besteht ein Drainagesystem.

3.8.5 Unterirdische Zu- und Abflüsse

Untersuchungen für den Geltungsbereich des „Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried“ (RP Darmstadt 1999) /44/ zeigen, dass es zu einem Zustrom von 21,9 Mio. m³ Grundwasser pro Jahr kommt, die aus dem Bereich des „Sprendlinger Horstes“ in das nördliche Gebiet des Hessischen Rieds fließen. Aufgrund der großräumigen Grundwasserfließrichtungen (siehe Kapitel 3.2.1.1) kommt dieses Grundwasser zumindest teilweise auch dem Untersuchungsraum zugute.

In den Main fließen als Bilanz der Zu- und Abströme 9,8 Mio. m³ Grundwasser pro Jahr aus dem nördlichen Bereich des Hessischen Rieds ab (RP Darmstadt 1999) /44/.

3.8.6 Nutzungsarten

Die Höhe der Grundwasserneubildung ist auch von der Nutzungsart des Geländes abhängig. Im Untersuchungsgebiet sind die Nutzungsarten Wald, Grünland und versiegelte Flächen relevant.

Hinsichtlich der Nutzungsart Wald gilt, dass Waldbestände je nach Alter, Dichte des Bestandes und der Durchwurzelungstiefe in Abhängigkeit von der Baumart erhebliche Wassermengen verbrauchen. Belegt sind einzelne Werte für große Ahornbäume (bis 400 l/Tag, VCI 1990) /50/ oder für einen älteren Fichtenbestand (320 bis 530 Liter pro Jahr, Ellenberg, H. et al. 1986) /7/.

Nadelwald verbraucht ohne Vegetationspause ganzjährig Bodenwasser. Bei Laubbäumen ist dies auf die Vegetationsperiode begrenzt, so dass in der Vegetationspause nach der Auffüllung des Bodenfeuchtedefizites in Abhängigkeit von der nutzbaren Feldkapazität im Durchwurzelungsbereich (siehe Bodeneigenschaften) Grundwasserneubildung erfolgen kann.

Aus den Erläuterungen zur GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 geht hervor, dass im Frankfurter Stadtwald umfangreiche Untersuchungen zur Grundwasserneubildung in Abhängigkeit der Vegetation stattfanden. Folgende Grundwasserneubildungsraten in Abhängigkeit der Bestockung wurden beobachtet:

Art der Vegetation: Grundwasserneubildung in mm/a

→ Buche	91 - 162
→ Roteiche	68 - 153
→ Eiche	6 - 95
→ Kiefer	0 - 109
→ Fichte	81 - 98
→ Lärche	68
→ Frankfurter Stadtwald	68
→ Gras- / Ackerland	166 - 232
→ Flächen spärlicher Vegetation	318
→ Nackter Boden	398

Weitere Einflussgrößen sind die Durchwurzelungstiefe (z. B. Entnahme durch Eichenwurzeln bis 3,5 m Tiefe), das Unterholz (z. B. Vergrasung bei Kiefern) und das Alter der Bäume (Einfluss auf Durchwurzelungstiefe und Wasserbedarf). Der direkte Anschluss der Pflanzenwurzeln an das Grundwasser bzw. an die Zone des kapillaren Aufstieges führt zu hohen Transpirationsleistungen der Pflanzen.

Grünland im hindernisfreien Bereich neben oder zwischen dem Start-/Landebahnssystem besitzt eine geringe Durchwurzelungstiefe und eine entsprechend hohe Grundwasserneubildungsrate.

Die versiegelten Flächen auf dem Flughafengelände werden in der Ist-Situation (2000) grundsätzlich alternativ in zwei Weisen entwässert:

- Niederschlagswasser wird im Start-/Landebahnsystem über die Bahnschulter bzw. von Strassen entwässert und unmittelbar neben den versiegelten Verkehrsflächen versickert: der Niederschlag bleibt in der Wasserbilanz an Ort und Stelle erhalten
- Niederschlagswasser wird, z. T. nach vorheriger Nutzung als Brauchwasser (z. B. wie beim Terminal 2 realisiert), dem Entwässerungssystem (Einleitung in Oberflächengewässer oder (in Teilen des südlichen Flughafenbereiches) einer Versickerungsanlage zugeleitet: der Niederschlag bleibt in der Wasserbilanz nicht an Ort und Stelle erhalten

3.8.7 Bodeneigenschaften

In Abhängigkeit von den Korngrößen und dem Porenvolumen können unterschiedliche Wassermengen im Boden oberhalb des Grundwasserspiegels gespeichert werden, die im Sommer für das Pflanzenwachstum verbraucht werden und zum größten Teil verdunsten. Die Speicherkapazität ist bei bindigen Böden (Ton, Schluff) erheblich höher als bei rolligen Böden (Sand, Kies). Die Wasserspeicherkapazität des Bodens kann umgekehrt als Wasserdurchlässigkeit ausgedrückt werden (siehe Kapitel 3.4).

3.8.8 Reliefsituation, oberirdischer Abfluss

Andere Bilanzgrößen wie insbesondere Abfluss an der Geländeoberfläche speziell bei hoher Niederschlagsintensität oder der sog. Zwischenabfluss spielen im untersuchten Gebiet wegen der i. allg. versickerungsfreundlichen Deckschichten und lediglich geringen Reliefunterschieden keine besondere Rolle und werden daher nicht berücksichtigt.

3.8.9 Grundwasserneubildung

Die Sickerwasserspende für den Raum des Hessischen Rieds (siehe hierzu Kapitel 2.2) wurde detailliert in der Untersuchung "Mathematisch-numerisches Grundwassermodell Hessisches Ried - Teilmodell Ermittlung der Grundwasserneubildung" durch die Hessische Landesanstalt für Umwelt ermittelt (RP Darmstadt 1999) /44/.

Tabelle 1: Grundwasserneubildung durch Sickerwasser (Niederschlag) im Hessischen Ried

	Sickerwasserspende $l/(s \times km^2) = mm/a$	Fläche km ²	Grundwasserneubildung Mio. m ³ /Jahr
Normaljahr	4,01 = 126	1.152	146
Trockenjahr	1,82 = 57	1.152	66
Nassjahr	5,28 = 166	1.152	192

Hierbei ist anzumerken, dass diese Sickerwasserspenden jeweils als Mittel von Trocken- Nass- und Mittleren-Perioden des Niederschlags ermittelt wurden (z. B. Trockenperioden 1971 -1976). Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen deutlich den Einfluss der Niederschlagshöhe auf die Grundwasserneubildung.

Für den Untersuchungsraum sind folgende Angaben verfügbar:

Gemäß der vorliegenden Daten aus dem Umweltatlas Hessen (HLfU 1999) /19/ sind die Zeitreihen der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung nach Trocken- und Feuchtperioden differenziert. Demnach ergeben sich für die Grasflächen des Flughafens in Trockenperioden 50 – 100 mm/a und in Feuchtperioden 200 – 250 mm pro Jahr. Für die Waldflächen ergaben sich 0 - 50 mm pro Jahr, im Süden des Flughafens teilweise 0 bis 100 mm pro Jahr (negative Bilanz) in Trockenperioden und 100 – 200 mm in Feuchtperioden.

Gemäß den Erläuterungen der GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 liegt die langjährige Sickerwasserspende bei 5 bis 6 l/s * km², dies entspricht ca. 157 mm/a bis 188 mm/a.

Die Nutzungsabhängigkeit ist erheblich, wie aus Abschnitt 3.8.6 hervorgeht. Auch gemäß den Erläuterungen der GEOLOGISCHEN KARTE GK 5917 findet unter Gras eine um 150 % höhere Grundwasserneubildung (d. h. Faktor 2,5) statt als unter Wald. Es besteht weiterhin eine deutliche Abhängigkeit von der pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge, was sich in der nutzbaren Feldkapazität und somit auch in der Bodenart niederschlägt.

Im Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried (RP Darmstadt 1999) /44/ sind als Grundlage für die Neubildungsberechnung die von Wessolek für das Rhein-Main-Gebiet abgeleiteten Regressionsgleichungen, die als Einflussfaktoren den Niederschlag, Temperatur

und die relative Luftfeuchte als Eingangsgrößen zur Ermittlung der potenziellen HAUDE-Verdunstung sowie die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge und die Flächennutzung berücksichtigt. Hierbei ergeben sich Faktoren zwischen Grasland und Wald von 2 in Trockenperioden und 1,25 bis 2 in Feuchtperioden.

Aus dem Gutachten zur Mediation (Cooperative Infrastruktur und Umwelt 1999) /4/ geht hervor, dass die Grundwasserneubildung für seinerzeit untersuchte Variantenflächen im Norden, die mit den heutigen Flächen nicht ganz identisch sind, gemittelt über die Gesamtfläche um 40 bis 60 % zunimmt. Dies gilt für die vollständige Entwässerung der Bahn und bei einem Mix aus Grasland und Gehölzanpflanzungen außerhalb des hindernisfreien Bereiches. Für eine „Variante 13“ im Süden des Flughafens ergibt sich eine ähnlicher Größenordnung.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bei Realisierung der Planungen die natürlichen Böden nicht erhalten werden können. Damit verändert sich die Profiltiefe, was starke Auswirkungen auf die nutzbare Feldkapazität hat. Die Veränderung der Grundwasserneubildung ist demnach noch höher anzusetzen. Im o. g. Gutachten zur Mediation (Cooperative Infrastruktur und Umwelt 1999) /4/ ist beispielsweise im Fall der „Ausbauvariante 9 b“ die Grundwasserneubildung unter Mischwald und 2 verschiedenen Braunerden mit 2,49 bzw. 2,9 l/s*km² (78,6 mm/ a bzw. 91,6 mm/ a) angegeben. Im Fall des Wechsels der Nutzung zu Gras und bei Veränderung des Bodens zu Lockersyrosem steigt die Grundwasserneubildung auf 7,29 l/s*km² (229,8 mm/a) und damit um Faktoren zwischen 2,5 und 2,9. Bei Gehölznutzung steigt die Grundwasserneubildung noch auf 4,67 l/s*km² (147,3 mm/a) und damit bei der beschriebenen Änderung der Bodenart um Faktoren zwischen 1,9 und 1,6.

3.9 Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers

Für die Beschreibung und Bewertung der Empfindlichkeit des Grundwassers gegenüber Stoffeinträgen ist es unumgänglich, zunächst den Pfad Boden-Wasser zu betrachten. Insofern müssen zunächst Eigenschaften des Bodens (die von Kornzusammensetzung, Lagerungsdichte, Porosität, Gehalt an organischer Substanz, Kationenaustauschkapazität etc. abhängen) beschrieben und bewertet werden. Hierzu wird auf die Regelfunktion des Bodens für den Wasser- und Stoffhaushalt, zusammengefasst ausgedrückt als Nitratrückhaltevermögen, zurückgriffen.

Die Bodenfunktion als Filter, Puffer und Transformator von Stoffen wird zusammengefasst über die Wasserspeicherkapazität (ausgedrückt als Wasserdurchlässigkeit) und die relative Bindungsstärke (ausgedrückt als Schwermetall-Filtervermögen) sowie den Grundwassereinfluss ausgedrückt.

Zur Beschreibung und Bewertung der obengenannten Faktoren wird auf die Angaben der INTERPRETATION BK 50 NÖRDLICHE OBERRHEINEBENE zurückgegriffen.

Für die Beschreibung und Bewertung der Empfindlichkeit des Grundwassers gegenüber Stoffeinträgen wird eine zweidimensionale Präferenzmatrix verwendet, die die Parameter „Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung“ und „Ausbildung des (Locker-) Gesteines“ berücksichtigt.

Tabelle 2: Verschmutzungsempfindlichkeitsklassen für Grundwasser

Grundwasser -flurabstand	gering durchlässig	feinkörnig, durchlässig	grobkörnig, durch- lässig
0 - 1 m	hoch	hoch	hoch
1 - 5 m	mittel	hoch	hoch
5 – 10 m	gering	mittel	hoch
> 10 m	gering	gering	mittel

Die kartografische Darstellung des Grundwasserflurabstandes erfolgt auf dieser Grundlage unter Verwendung der Basisdaten aus (RP Darmstadt 1999) /44/ (siehe Kapitel 8, Anhang 2).

Das Institut Fresenius vergibt bei der Bewertung der Empfindlichkeit des Grundwassers gegenüber Stoffeinträgen Zu- oder Abschläge aufgrund der o. g. Bodeneigenschaften.

Das Institut Fresenius vergibt außerdem Zu- oder Abschläge aufgrund der Lage der jeweiligen Varianten zu Wassergewinnungseinrichtungen.

Gemäß den Erläuterungen zum HYDROGEOLOGISCHEN KARTENWERK HESSEN (1991) ist zu beachten, dass der Parameter Verschmutzungsempfindlichkeit einen Sammelpa-

parameter darstellt, der für jede Schadstoffgruppe gesondert definiert werden sollte, weil die individuellen Stoffeigenschaften stark divergieren.

Daher wird die Bewertung um die Betrachtung der potenziell beim Betrieb der jeweiligen Varianten bzw. der variantenunabhängigen Fläche zum Einsatz kommenden Stoffe ergänzt. Dadurch ergibt sich ein konkretisiertes stoffbezogenes Gefährdungspotential. Hierbei wird davon ausgegangen, dass in der Zukunft bei der Substitution von Stoffen keine wassergefährlicheren Stoffe zum Einsatz kommen. In den einzelnen Teilgutachten erfolgen daher differenzierte Betrachtungen.

Darüber hinaus werden zeitlich limitierte Gefährdungspotentiale, die beim Bau der Varianten bzw. der Betriebsflächen entstehen, beschrieben.

3.10 Zusammenfassung und Bewertung

Im Untersuchungsgebiet dominieren generell Böden (insbesondere Braunerden) mit hoher bis sehr hoher Wasserdurchlässigkeit, einem geringen Nitratrückhaltevermögen und einem geringen Schwermetallfiltervermögen. Diese Böden korrelieren weitgehend mit Flurabständen von 5 bis 15 m bei überwiegend sandig-kiesigem Decksediment.

Nach den in Kapitel 3.9 genannten Kriterien ist die Verschmutzungsempfindlichkeit daher als mittel bis hoch zu bewerten.

Abweichungen gibt es im südlichen Untersuchungsgebiet. Hier ist die Wasserdurchlässigkeit der Böden im Mittel geringer und das Schwermetall- und Nitratrückhaltevermögen höher. Diese Böden korrelieren weitgehend mit Flurabständen von 1 bis 5 m bei überwiegend sandig-kiesigem Decksediment mit einem höheren Anteil feinkörniger Sedimente.

Nach den in Kapitel 3.9 genannten Kriterien ist die Verschmutzungsempfindlichkeit daher in diesem Teilbereich ebenfalls als mittel bis hoch zu bewerten, wobei das Rückhaltevermögen der Böden zu einem Abschlag führt.

Das Grundwasser ist in der Ist-Situation in Teilbereichen durch Schadensfälle belastet.

Die variantenspezifische Bewertung erfolgt in den einzelnen Gutachten zu den Varianten.

4 Ist-Situation 2000: Beschreibung der Nutzungsverhältnisse

4.1 Oberflächengewässer und Retentionsräume

4.1.1 Fließgewässer (Gewässernetz)

4.1.1.1 Main

Der Main durchfließt das Untersuchungsgebiet von Nordost nach Südwest. Nach dem Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried beträgt am Pegel Frankfurt Osthafen der mittlere Wasserstand 92,30 m NN (RP Darmstadt 1999) /44/.

4.1.1.2 Kelster/ Kelsterbach

Dem Main fließt im äußersten Norden des Untersuchungsgebietes südmainisch die Kelster zu. Nach der TOPOGRAPHISCHE KARTE VON HESSEN M. 1:25.000, BLATT 5917 KELSTERBACH entspringt die Kelster im östlichen Teil der Wiese „Steinichte Wellen“ und besitzt weitere Zuflüsse aus dem Bereich „Riedwiesen“ östlich der B 40. Parallel hierzu weist die o. g. Karte einen Graben aus, der westlich der B 40 in die Kelster einmündet. Dieser ist dort als „Kelsterbach“ beschriftet. Östlich der Schwanheimer Bahnstraße ist im Ostteil des Wiesenareals „Steinichte Wellen“ auf eine Länge von ca. 700 m ein Bachlauf verzeichnet, der nach der Karte nicht mit der Kelster verbunden ist. Eine Mündung ist nicht ersichtlich, die Signatur endet am Forsthaus Schwanheim. Ein weiterer, etwa Ost-West verlaufender Bach findet sich nördlich der Brunnen der Trinkwassergewinnungsanlage Schwanheim auf einer Länge von ca. 1.600 m. Dieser liegt in östlicher Verlängerung des erwähnten trockenen Grabens. Eine Mündung ist nicht ersichtlich, die Signatur endet an der Schwanheimer Bahnstraße.

Aufgrund der peripheren Lage wird die Kelster bzw. der Kelsterbach nicht weiter betrachtet.

4.1.1.3 Hengstbach / Gundbach / Schwarzbach

Hierbei handelt es sich um einen Bachlauf, der mehrfach seinen Namen wechselt. Der Verlauf des Hengstbach-/Gundbach-/Schwarzbachsystems ist in etwa durch die Ortslagen Sprendlingen, Frankfurt Flughafen, Walldorf, Nauheim, Trebur und Ginsheim gekennzeichnet.

Der Hengstbach erreicht von Osten kommend südlich der Ortslage Zeppelinheim den Untersuchungsraum, unterquert die A 5, wird um den Bereich der ehemaligen US Air Base herumgeleitet und fließt in südwestliche Richtung bis zum Mönchbruch, wo er als Gundbach bezeichnet wird. Dort vereinigt er sich mit dem Geräthsbach und verlässt als Schwarzbach den Untersuchungsraum in südwestliche Richtung.

Im Bereich des Mönchbruches fließt dem Gundbach Wasser aus einem verästelten Entwässerungssystem zu. Die Zuflüsse erfolgen überwiegend von der Südseite des Mönchbruches, die aus einem forstwirtschaftlichen Entwässerungssystem des 18. Jahrhunderts stammen.

Die natürlichen Wasserstände werden stark von zeitlich variablen Klärwerkseinleitungen von Buchschlag, der US-Air-Base / CCS und dem Regenrückhaltebecken Walldorf überprägt.

Generell lässt sich feststellen, dass knapp 50 % des im Schwarzbachsystem bei Normalwasser ablaufenden Wassers (MQ) Abwasser aus den Einleitungen der anliegenden Kläranlagen ist. Im betrachteten oberen Bereich Hengstbach / Gundbach liegt dieser Prozentsatz, insbesondere bei Niedrigwasser (MNQ) noch höher und kann hier 100 % erreichen.

Tabelle 3: Wasser- und Abwasseranfall im Niederschlagsgebiet des Schwarzbachs

Nr.	1
Bach/Abschnitt	Hengstbach/Gundbach
Niederschlagsfläche [km²]	63,13
Angeschl. EGW [EGW]	81.000
EGW-Dichte [EGW/km]	1.283
Abwasser [l/sec]	141
MNQ [l/sec]	130
MQ [l/sec]	300
Abwasser MNQ [%]	~ 100
Abwasser MQ [%]	47

Quelle: RP Darmstadt 1999 /44/

4.1.1.4 Nordmainisch dem Main zufließende Gewässer

Dem Main von Nordwesten zufließende Gewässer sind, von Nord nach Süd, der Welschgraben, der Schwarzbach und der Ardelgraben (Weilbach). Aufgrund der peripheren Lage werden sie nicht weiter betrachtet.

4.1.2 Oberirdische Einzugsgebiete

Durch den hydrologischen Dienst der Hessischen Landesanstalt für Umwelt und Geologie wurden einzelne Teil-Einzugsgebiete dargestellt (HLUG 2000) /17/. Die oberirdische Wasserscheide verläuft westlich des Flughafens entlang der Achse der A 3, schwenkt dann im Bereich des Umspannwerkes Kelsterbach nach Norden und schneidet bei Autobahnkilometer 167,9 die A 3. Sie verläuft dann durch das Flughafengelände genau östlich und schwenkt im Bereich des Aufsetzpunktes der Start-/Landebahn Nord nach Südosten. Nördlich davon wird in den Main entwässert, südlich davon über das Hengstbach- / Gundbach- / Schwarzbach-System in den Rhein (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.1.3 Oberflächengewässer (Seen)

Im Untersuchungsgebiet gibt es keine natürlich entstandenen Seen. Es existieren jedoch einige Stellen, wo Grundwasser durch Sand- und Kiesabbau aufgeschlossen wurde (Grundwasserblänken), sowie weitere künstlich angelegte bzw. ausgebaute Oberflächengewässer (Seen nordwestlich des Main sind nicht berücksichtigt):

- Walldorfer See und Langener Waldsee (mehrere Wasserflächen), beide östlich von Walldorf
- Kiesgrube Mitteldorf östlich des Autobahndreiecks Mönchhof inklusive zweier kleinerer Wasserflächen auf dem Betriebsgelände
- Ehemalige Sandgrube „Mönchwaldsee“
- Staudenweiher sowie 2 kleinere Wasserflächen südlich Kelsterbach
- Ein Teich am Gundbach westlich von Walldorf –Mörfelden
- Ein Teich an der Mönchbruchwiese
- Im Bereich des Markwaldes westlich Walldorf wurden eine Reihe von Amphibienteichen angelegt. Hierzu wurden vernässte Stellen aufgeweitet.
- Ein einzelner Amphibienteich wurde im Bereich des Frankfurter Stadtwaldes angelegt. Er hat jedoch keinen Grundwasseranschluss.

Aufgrund der Grundwasserfließrichtung werden die ober- oder nebenstromig zu den Varianten bzw. der variantenunabhängigen Fläche gelegenen Grundwasseraufschlüsse nicht näher betrachtet. Relevant und in den Variantengutachten näher betrachtet werden folgende Grundwasseraufschlüsse:

- Ehemalige Sandgrube „Mönchwaldsee“ (Abstrom Vorzugsvariante Nordwest)
- Staudenweiher sowie 2 kleinere Wasserflächen südlich Kelsterbach (Abstrom Vorzugsvariante Nordwest)
- Amphibienteich im Bereich des Frankfurter Stadtwaldes (Variante Nordost)
- Teich am Gundbach (Variante Süd)
- Amphibienteiche im Bereich des Markwaldes (Variante Süd)

4.1.4 Überschwemmungsgebiete / Retentionsräume

Infolge der geringen Gewässerdichte ist im Untersuchungsgebiet lediglich ein Überschwemmungsgebiet ausgewiesen. Retentionsräume im Sinne von Poldern etc. existieren im Untersuchungsgebiet nicht (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

Nach der FLÄCHENSCHUTZKARTE HESSEN, BLATT L 5916 FRANKFURT/MAIN WEST, Stand Juni 1997 ist das Mainufer bei Kelsterbach als Überschwemmungsgebiet nach Hessischem Wassergesetz ausgewiesen.

Außerdem ist der Mönchbruch im Bereich des „Alten Torfstiches“, der „Zinswiese“ und der „Mönchbruchwiese“ als beobachtetes Überschwemmungsgebiet ausgewiesen (FLÄCHENSCHUTZKARTE HESSEN, BLATT L 5916 FRANKFURT/MAIN WEST).

Entlang der ICE-Trasse südlich von Kelsterbach werden unter einer Hochspannungsleitung die ausgekiesten Bereiche zwischen den Standorten der Masten als Sickerbecken genutzt. Da eine kartografische Darstellung der Geländehöhen für die Becken fehlt, ist nicht sicher, ob diese Bereiche Grundwasseranschluss haben oder lediglich durch eingespültes Feinkorn eine kolmatisierte Sohle besitzen.

4.2 Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete und wasserwirtschaftlich schutzbedürftige Flächen

Nach einem Gutachten der HLfB (HLfB 1986) /22/ gehört die Kelsterbacher Tiefscholle mit dem Flughafenbereich zu den ergiebigsten Grundwasserlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. Dies spiegelt sich in der Anzahl der Entnahmeeinrichtungen und in der Höhe der Entnahmen wieder. Die ÜBERSICHTKARTE DER MITTLEREN GRUNDWASSERERGIEBIGKEIT in Hessen weist das Untersuchungsgebiet als zur höchsten Ergiebigkeitsklasse (> 50 l/s pro Bohrung im Hauptwasserstockwerk) zugehörig aus.

4.2.1 Öffentliche Grundwassernutzungen zur Trinkwassergewinnung

Im Untersuchungsraum werden verschiedene Wassergewinnungsanlagen zur Trinkwasserversorgung betrieben:

4.2.1.1 Entnahmeeinrichtungen der Mainova AG

Als mengenmäßig bedeutendste Gewinnungsanlage sind die Einrichtungen der Mainova AG (früher: Stadtwerke Frankfurt) im Stadtwald nördlich des Flughafens zu nennen. Neben dem Pumpwerk Hinkelstein existieren die Pumpwerke Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus. Die Entnahmeeinrichtungen werden durch Infiltrationsmaßnahmen in Schluckbrunnen und oberirdischen Gräben im Nahbereich der Fördereinrichtungen teilweise kompensiert (Mainova AG 2000) /40/.

Insbesondere die Gewinnungsanlagen des Pumpwerkes Hinkelstein liegen im Unterstrom des bestehenden Flughafengeländes. Aufgrund dieser Situation wurde ein umfangreiches Schutz- und Entflechtungskonzept entwickelt. Danach wurde die Grenze der Wasserschutzzone III a zu III b nördlich des Flughafens festgelegt. Dies war nur möglich, da auf die Förderung von Trinkwasser aus den Brunnen IS bis IIS des Wasserwerkes Hinkelstein künftig ganz und bei Hinkelstein III S teilweise verzichtet werden soll. Die Ersatzwasserbeschaffung erfolgt durch einen neuen Brunnen im Nahbereich (VII S) sowie über eine angepasste Mehrförderung in den verbleibenden Brunnen des Wasserwerkes Hinkelstein-Süd. Darüber hinaus wurde der Aufbau eines Grundwasserschutzsystems aus mehreren Elementen (Monitoringsystem, betriebsbereite Entnahmebrunnen und Infiltrationsbrunnen) beschlossen (Fraport AG ohne Jahr) /11/.

- **Wasserwerk Hinkelstein (12 Brunnen)**

1997 beantragte Wasserrechte: 6,725 Mio. m³. Die Entnahmen der letzten Jahre betragen: 3,48 Mio. m³ im Jahr 1997, 2,65 Mio. m³ im Jahr 1998 und 1,62 Mio. m³ im Jahr 1999. Im selben Zeitraum betrug die Infiltration: 5,61 Mio. m³ im Jahr 1997, 4,08 Mio. m³ im Jahr 1998 und 1,7 Mio. m³ im Jahr 1999. Zeitweise ist die Wasserbilanz durch die hohe Infiltration demnach positiv. Bis zum Jahr 1999 wurde zusätzlich aufbereitetes Mainwasser infiltriert, um die oberstromige Nitratbelastung des Grundwassers von den Förderbrunnen fernzuhalten. Diese Zusatzinfiltration findet inzwischen weitgehend durch aufbereitetes denitrifiziertes Grundwasser statt.

Künftig ist geplant, die Brunnen I S und II S ganz und den Brunnen III S teilweise (pleistozäner Anteil) stillzulegen und durch einen weiter westlich gelegenen Brunnen VII S zu ersetzen.

- **Wasserwerk Goldstein (24 Brunnen)**

1997 beantragte Wasserrechte: 6,9 Mio. m³. pro Jahr Die Entnahmemenge verringert sich durch die geplante Infiltration in Höhe von 4,1 Mio. m³ pro Jahr auf netto 2,8 Mio. m³ pro Jahr.

- **Wasserwerk Oberforsthaus (18 Brunnen)**

1997 beantragte Wasserrechte: 1,4 Mio. m³ pro Jahr. Die Entnahmemenge verringert sich durch die geplante Infiltration in Höhe von 0,4 Mio. m³ pro Jahr auf netto 1,0 Mio. m³ pro Jahr.

Derzeit bestehen Wasserrechte von 13,5 Mio. m³ pro Jahr, datierend aus dem Jahr 1984, gemeinsam für die Wasserwerke Hinkelstein, Goldstein und Oberforsthaus (RP Darmstadt 2000) /43/. Gleichzeitig werden aus Gründen des Wasserhaushaltes im Mittel 3,7 Mio. m³ aufbereitetes Mainwasser pro Jahr versickert. Hinzu kommt eine Zusatzinfiltration von 1,2 Mio. m³ pro Jahr am Pumpwerk Goldstein zur Stützung der Entnahme am Pumpwerk Staustufe Griesheim.

- **Wasserwerk Schwanheim (12 Brunnen)**

Das bestehende Wasserrecht aus dem Jahr 1977 beläuft sich auf 5,475 Mio. m³. Die Entnahmen der letzten Jahre betragen: 3,21 Mio. m³ im Jahr 1997, 3,38 Mio. m³ im Jahr 1998 und 3,02 Mio. m³ im Jahr 1999. Hier findet keine zusätzliche Infiltration statt.

- **Wasserwerk Staustufe Griesheim**

Die Entnahme des Wasserwerkes Staustufe Griesheim liegt außerhalb des Untersuchungsraumes.

4.2.1.2 Zeppelinheim

Die Wassergewinnungsanlagen des Neu-Isenburger Stadtteiles Zeppelinheim gehören zum Zweckverband Wasserversorgung der Stadt und des Kreises Offenbach. Der Neu-Isenburger Stadtteil Zeppelinheim besitzt eine eigene Wasserversorgung aus 2 Brunnen, die sich östlich der „Morgenschneise“ und südlich der „Wolfsgartenschneise“ südlich der Ortslage von Zeppelinheim befinden. Es besteht ein Wasserrecht über 0,146 Mio. m³ pro Jahr. Beantragt ist die Erhöhung auf 0,175 Mio. m³ pro Jahr (RP Darmstadt 2000) /43/. Die tatsächlichen Entnahmen der letzten Jahre 1997 und 1998 betragen 0,144 Mio. m³ (1997) und 0,158 Mio. m³ (1998). Für 1999 liegen keine Daten vor.

4.2.1.3 Walldorf

Die Wassergewinnung der Stadt Mörfelden-Walldorf erfolgt ausschließlich durch die Stadtwerke Mörfelden-Walldorf mit Hilfe der beiden Wasserwerke Mörfelden und Walldorf. Die Vernetzung beider Wasserwerke erfolgt über das Verbundwasserwerk Mörfelden-Walldorf (Tiefbehälter mit Druckerhöhungsanlage).

Der im Untersuchungsgebiet liegende Stadtteil Walldorf besitzt 5 Brunnen (1 Brunnen am Pumpwerk und 4 Brunnen entlang der Schönrain-Schneise).

Wasserrechte bestehen für die 5 Brunnen des Wasserwerks Walldorf über eine Entnahmemenge von gesamt 1,1 Mio. m³ pro Jahr. Folgende Entnahmen wurden in den letzten Jahren realisiert: 0,901 Mio. m³ im Jahr 1997, 0,994 Mio m³ im Jahr 1998 und 1,048 Mio. m³ im Jahr 1999 (RP Darmstadt 2000) /43/.

4.2.1.4 Hattersheim

Im Untersuchungsgebiet sind nördlich des Mains die Brunnenanlagen des Pumpwerkes Hattersheim der Mainova AG von Bedeutung. Die Anlagen bestehen aus den Komplexen PW Hattersheim I, PW Hattersheim II, Zusatzanlage 1, Zusatzanlage 2 und den Abschöpfbrunnen ASB I, II und III.

Für das gesamte Pumpwerk Hattersheim bestehen Wasserrechte in Höhe von 16 Mio. m³ pro Jahr. Detailliertere Angaben finden sich in Band G 15.3 (IF 2001d) /30/.

4.2.1.5 Weitere Entnahmen zu Trinkwasserzwecken

Die Fraport AG hat durch die Übernahme von Teilen der US-Air-Base insgesamt 5 Brunnen in Besitz genommen. Derzeit werden 2 Brunnen (Brunnen 1 und 5; Stand Juli 2000) zur Trinkwasser-Teilversorgung des Bereiches Cargo City Süd benutzt. Der Brunnen 1 befindet sich östlich Gebäude 674, der Brunnen 5 im Gebäude 635.

Die wasserrechtliche Erlaubnis beläuft sich auf 0,840 Mio. m³ pro Jahr. Die tatsächliche Förderung belief sich im Jahr 1997 auf ca. 0,383 Mio. m³ und im Jahr 1998 auf ca. 0,368 Mio. m³ (FAG 2000 a) /8/.

4.2.2 Industrielle Entnahmen

4.2.2.1 InfraServ, Brunnenkette an der B 43

Bedeutende Entnahmen für hochwertige industrielle Zwecke (inklusive Nutzung für Trinkwasserzwecke) bestehen im Bereich zwischen Raunheim und Kelsterbach. Hier betreibt die Firma InfraServ (Ausgründung der ehemaligen Firma Hoechst) die Brunnen I a, II a, III und IV (Mönchhof). Die Brunnen liegen in einer Kette entlang der B 43 in der Nähe des Geländes der ehemaligen Caltex-Raffinerie. Es besteht eine gehobene wasserrechtliche Erlaubnis über eine Entnahme von 5,5 Mio. m³ pro Jahr. Eine früher vorhandene einfache Erlaubnis über weitere 1,5 Mio. m³ pro Jahr wurde zurückgegeben. Die tatsächlichen Entnahmemengen betragen im Jahr 1997 ca. 4,47 Mio. m³, im Jahr 1998 ca. 4,34 Mio. m³ und im Jahr 1999 ca. 4,2 Mio. m³ (TGU GmbH 2000) /49/.

Die Brunnenkette liegt ca. 1 km westlich des westlichen Bahnendes der Vorzugsvariante Nordwest.

4.2.2.2 Ticona

Eine weitere Entnahme, die von InfraServ betrieben wird, bezieht sich auf das Werksgelände der Ticona AG (1 Brunnen). Das Wasserrecht lautet jedoch auf die Hoechst AG. Das Wasserrecht beläuft sich auf eine Entnahme von 1 Mio. m³ pro Jahr. Die tatsächliche Entnahme belief sich im Jahr 1999 auf ca. 0,123 Mio. m³ (RP Darmstadt 2000) /43/. Der Brunnen liegt ca. 1 km südwestlich des westlichen Bahnendes im Unterstrom der Vorzugsvariante Nordwest.

4.2.2.3 AKZO Faser (Enka)

Die Firma AKZO Faser (früher Enka) betrieb auf ihrem Werksgelände im Stadtbereich von Kelsterbach Brunnen (Bezeichnungen 1, 4, 7, 8, 9, 10). Es besteht eine Bewilligung zur Entnahme von 4,5 Mio. m³ pro Jahr. Die tatsächliche Entnahme belief sich im Jahr 1997 auf ca. 2,28 Mio. m³ und im Jahr 1998 auf ca. 2,16 Mio. m³. Für 1999 liegen derzeit keine Informationen vor. Die Entnahmebrunnen liegen ca. 1 km nördlich des Ostteiles der Vorzugsvariante Nordwest. Die Firma besteht seit dem Jahr 2000 nicht mehr. Die Förderung zu industriellen Zwecken ruht.

4.2.2.4 Weitere Entnahmerechte

Im Bereich Walldorf existieren weitere Entnahmerechte für einzelne Firmen: Forstamt Schwanheim rund 0,028 Mio. m³ pro Jahr, Sand- und Kiesgrube Rhein-Main 0,00036 Mio. m³ pro Jahr; Baustoffwerke Walldorf TRAMO 0,0035 Mio. m³ pro Jahr und Deutsche Bau- und Siedlungsgesellschaft 0,0036 Mio. m³ pro Jahr. Die Entnahmen sind aufgrund ihrer Lage und ihres geringen Ausmaßes nicht relevant und werden nicht weiter betrachtet.

4.2.3 Wasserschutzgebiete

Die unter 2.2.1.1 bis 2.2.1.3 genannten Trinkwassergewinnungseinrichtungen sind durch Wasserschutzgebiete mit den Stufen I, II und III bzw. I, II und III a sowie III b umgeben. Hinzu kommt im Untersuchungsraum ein Teil der Zone III b der Wassergewinnungsanlage „Hof Schönau“ (HLUG 2000) /17/ (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.2.3.1 Wasserschutzgebiet für Grundwassergewinnungsanlagen der Mainova AG

Das Wasserschutzgebiet für die Trinkwassergewinnungsanlagen Pumpwerk „Hinkelstein“, Pumpwerk „Schwanheim“, Pumpwerk „Goldstein“, Pumpwerk „Oberforsthaus“ und Pumpwerk „Staustufe Griesheim“ der Stadtwerke Frankfurt GmbH (heute Mainova AG) ist im Staatsanzeiger für das Land Hessen vom 4. Mai 1998 (StAnz 1998, 1246) veröffentlicht. Im

Verzeichnis der hessischen Wasserschutzgebiete ist ihm die Kennung 22.502 zugewiesen. Es umfasst den gesamten Frankfurter „Unterwald“, den östlichen Teil des bestehenden Flughafens und geht im Osten wesentlich über die festgelegten Grenzen des Untersuchungsraumes hinaus. Die Variante Nordost liegt vollständig in der Zone III a des Wasserschutzgebietes; geringe Teile des westlichen Abrollweges liegen in der Zone II. Der engere Untersuchungsraum der Variante Nordost umfasst weitere Teile der Zone II und einige Zonen I (engere Fassungsgebiete).

Innerhalb dieses Schutzgebietes werden bedeutende Anteile der Wasserversorgung der Stadt Frankfurt realisiert. Die Ausweisung dieses Schutzgebietes ist ein Ergebnis eines langjährigen Prozesses mit der Intention, Wassergewinnung und Flughafenbetrieb zu entflechten (IF 2001 c) /29/ (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.2.3.2 Wasserschutzgebiet zur Wassergewinnungsanlage Zeppelinheim

Das Wasserschutzgebiet zur Gewinnungsanlage Zeppelinheim ist im Staatsanzeiger für das Land Hessen vom 29. März 1978 (StAnz 1978, 831) veröffentlicht und mit Veröffentlichung im Staatsanzeiger vom 12. März 1982 (StAnz 1982, 869) geändert. Es liegt im Ostteil des Untersuchungsgebietes. Der größte Teil des Wasserschutzgebietes liegt südöstlich des Untersuchungsraumes. Bei diesem Gebiet ist nicht nach den Zonen III a und III b differenziert (HLFU Kenn-Nr. 28.02).

Das Wasserschutzgebiet liegt oberstromig zu allen zu untersuchenden Varianten sowie zu den variantenunabhängigen Flächen (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.2.3.3 Wasserschutzgebiet zur Wassergewinnungsanlage Walldorf

Die aktuelle Fassung der Wasserschutzgebietsverordnung wurde im Staatsanzeiger für das Land Hessen vom 09. Januar 1989 (StAnz 1989, 430) veröffentlicht. Das Wasserschutzgebiet zur Gewinnungsanlage Walldorf (HLFU Kenn-Nr. 31.07) liegt ebenfalls im Ostteil des Untersuchungsgebietes und überlappt sich teilweise mit dem Wasserschutzgebiet 28.002. Der größte Teil des Wasserschutzgebietes liegt südöstlich des Untersuchungsraumes. Bei diesem Gebiet ist die weitere Schutzzone nach Zonen III a und III b differenziert.

Das Wasserschutzgebiet liegt oberstromig zu allen zu untersuchenden Varianten sowie zu den variantenunabhängigen Flächen (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.2.3.4 Wasserschutzgebiet „Schönauer Hof“ der Stadtwerke Mainz AG

Die Festsetzung erfolgte am 10. August 1984. StAnz 1984, 1745; HlfU Kenn-Nr. 31.06). Das gesamte südliche Untersuchungsgebiet ab einer Linie westlich der B 44 ist der Zone III b des Wasserschutzgebietes „Schönauer Hof“ der Stadtwerke Mainz AG zugeordnet.

Bei der Wassergewinnungsanlage Wasserwerk Hof Schönau handelt es sich um eine bedeutende Grundwasserfördereinrichtung mit 47 Tiefbrunnen und zugelassenen Jahresfördermengen vom im Mittel von 5 Jahren 9,5 Mio. m³/a sowie einem Jahresspitzenwert von 10,5 Mio. m³/a.

Die Entnahmeeinrichtungen befinden sich außerhalb des Untersuchungsraumes in ca. 6,5 km Entfernung westlich des Mönchbruches, im Süden der Stadt Rüsselsheim.

Teile der Variante Süd liegen im Oberstrom dieses Schutzgebietes in einer Entfernung von wenigen 100 m (vgl. Kap. 8, Anhang 4).

4.2.3.5 Wasserschutzgebiet Hattersheim der Mainova AG

Ein Teil des Wasserschutzgebietes der Trinkwassergewinnungsanlagen Hattersheim, festgesetzt am 05.05.1978, StAnz 1978, 1605; FLÄCHENSCHUTZKARTE L 5916) und hat die HlfU-Kenn-Nummer 23.005. Es liegt innerhalb des Untersuchungsraumes (engerer Untersuchungsraum der Vorzugsvariante Nordwest). Dabei handelt es sich um den südöstlichen Teil der Zone III sowie um die Zonen II und I. Der Zufluss zu den Gewinnungsbrunnen aus nordwestlicher Richtung liegt außerhalb des Untersuchungsbereiches.

4.2.4 Grundwasserentnahmen für Sanierungsmaßnahmen

4.2.4.1 Nitrat-Sanierung Flughafen

Durch die Anwendung von harnstoffhaltigen Winterdienstmitteln kam es zu einer Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Daher wurden entlang einer Kette nördlich des Flughafengeländes insgesamt 12 Sanierungsbrunnen installiert, wovon 11 im Jahr 2000 durchgehend oder zeitweise in Betrieb waren. Es ist geplant, zwei weitere Sanierungsbrunnen westlich des Rollweges am A-Finger (Terminal 1) in Betrieb zu nehmen. Derzeit werden maximal ca. 300 m³ nitratbelastetes Wasser pro Stunde denitrifiziert und über Schluckbrunnen im Ober-

strom der Trinkwassergewinnungsanlagen Hinkelstein re-infiltriert. Die restliche Laufzeit der Sanierung wird auf ca. 15 Jahre geschätzt (vgl. Kap. 8, Anhang 3; Fraport AG ohne Jahr) /11/.

4.2.4.2 LCKW-Sanierung DLH

Nach einem LCKW-Schaden in den 70er Jahren entstand eine Grundwasserfahne, die sich heute aus dem Bereich der DLH-Basis auf dem Flughafengelände hinausbewegt hat und sich inzwischen bis nach Kelsterbach am Main erstreckt. Zur Sanierung werden derzeit 5 Entnahmehbrunnen (sowohl im Bereich der DLH-Basis als auch in Kelsterbach) betrieben. Im Jahr 1999 wurden ca. 1,2 Mio. m³ Grundwasser entnommen und gereinigt. Am Brunnen LH 39 soll die Förderleistung um weitere 0,17 Mio. m³ pro Jahr erhöht werden.

Das Wasser gelangt überwiegend nicht zur Reversickerung. 0,175 Mio. m³ aus dem Brunnen NB 5 werden im Brunnen SB 6 (Lage nicht identisch mit SB 6 in der Nähe des Teil-Untersuchungsgebietes Nordost) versickert. Weitere 0,187 Mio. m³ aus dem Brunnen Enka 10 a werden als Brauchwasser eingesetzt und anschließend in das Kanalsystem eingeleitet.

Von der Mainova AG wird zur Abwehr der Fahnenausbreitung an den Schluckbrunnen S 0 bis S 4 zusätzlich aufbereitetes Mainwasser versickert. Im Jahr 1999 waren dies insgesamt 0,569 Mio. m³. Da der Betrieb der Brunnen S 3 und S 4 im Jahr 2000 eingestellt werden konnte, wird die Entnahmemenge im Jahr 2000 auf ca. 0,43 Mio. m³ zurückgehen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Sanierung der Deutschen Lufthansa AG noch ca. 7 bis 10 Jahre dauern kann. Hierbei ist zu differenzieren zwischen dem eigentlichen Schadenzentrum auf der Lufthansa Basis: noch ca. 5 bis 7 Jahre, und den Kontaminationsbereichen außerhalb der Basis, hier geht der Gutachter von einer verbleibenden Restsanierungszeit von ca. 7 bis 10 Jahren aus (DLH Technik 2000) /5/.

4.2.4.3 Caltex-Sanierung

Grundwasserschäden durch Kohlenwasserstoffe im Bereich der ehemaligen Caltex-Raffinerie werden durch Entnahme an 6 Brunnen mit anschließender Strippung und Filtration saniert. Gefördert werden hier ca. 1,4 Mio. m³ pro Jahr. Hinzu kommen 0,35 Mio. m³ aus dem Bereich des benachbarten Tanklagers, das jedoch außerhalb des Untersuchungsraumes liegt. Das gereinigte Grundwasser wird zum überwiegenden Teil reinfiltrierte. Von den insgesamt geförderten 1,75 Mio. m³ pro Jahr werden 1,3 Mio. m³ pro Jahr reinfiltrierte. Von der verbleibenden

Nettoentnahme von 0,45 Mio. m³ pro Jahr werden 10 % als Prozesswasser an die Firma Ticona abgegeben (0,045 Mio. m³ pro Jahr). Der Rest wird in den Main abgeleitet.

Die hydraulische Sanierung begann 1974. Die beschleunigte in-situ-Sanierung lief im Jahr 1992 an. Der Zeitbedarf für die Sanierung der noch verbliebenen Restbelastung wird auf ca. 10 Jahre geschätzt. (TGU GmbH 2000) /49/.

4.2.5 Heilquellenschutzgebiete und wasserwirtschaftlich schutzbedürftige Flächen

Im Untersuchungsgebiet sind keine Heilquellenschutzgebiete und weiteren wasserwirtschaftlich schutzbedürftigen Flächen ausgewiesen.

4.3 Gewässerschutz am Flughafen Frankfurt/ Main

4.3.1 Niederschlagswasserableitung in der Ist-Situation 2000

Die nachfolgenden Betrachtungen beschränken sich auf die Niederschlagswasserableitung und -behandlung.

Generell ist darauf hinzuweisen, dass für Niederschlagswasserableitungen von Flugplätzen im Winterdienst keine einheitlich definierten Einleitbedingungen existieren. Da das zeitweise mit Enteisern belastete Niederschlagswasser nach Menge und Konzentration extrem ungleichmäßig anfällt, gibt es für die Behandlung dieses Abwassers keine allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Wasserrechtliche Entscheidungen können daher nur unter sorgsamer Abwägung im jeweiligen Einzelfall getroffen werden; dabei sind die während des Winterhalbjahres vorliegenden Gewässerverhältnisse bezüglich Abflüssen, Güte- und Nutzungsanforderungen zu beachten.

Das vorhandene Flughafenareal wird niederschlagseitig in der Ist-Situation 2000 wie folgt entwässert:

- **Betriebsbereich Nord mit westlichen Teilflächen des Südteiles**

Die Entwässerung erfolgt über ein separates Niederschlagswasserkanalsystem (Trennverfahren), das sich zu einer Einleitstelle in den Main orientiert. Der Flughafen fungiert somit als Direkteinleiter in ein Gewässer.

Die kanalisierte Entwässerungsfläche beträgt ca. 500 ha. Bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von rund 650 mm pro Jahr werden ca. 2,5 bis 3,0 Millionen m³ Niederschlagswasser pro Jahr in den Main eingeleitet. Für diese Einleitung ist die befristete Erlaubnis bis 31.12.2007 des RP Darmstadt vom 25.09.1987 maßgebend.

Das Niederschlagswasser wird in Absetz- und Rückhaltebecken gesammelt und über den zentralen Hauptsammler in den Main geleitet. Das Retentionsvolumen der unterirdisch angeordneten und geschlossenen Rückhaltebecken beträgt in Einzelfällen bis zu 10.000 m³. Die vorhandenen Absetzbecken (Schlammfänge, Leichtflüssigkeitsabscheider, Rückhaltebecken) sind nicht geeignet, die in den Wintermonaten durch Enteisungsmittel auftretenden erhöhten organischen Belastungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu behandeln. Die Fraport AG muss daher auf der Grundlage des Abwasserabgabengesetzes eine Abwasserabgabe entrichten. Das RP Darmstadt hat durch einen Änderungsbescheid die Überwachung und Dokumentation der Niederschlagswasserqualität, besonders in den Wintermonaten, durch ein neues Eigenkontroll-Messprogramm erweitert. Gleichfalls sind in einem Entwässerungskonzept Maßnahmen vorzuschlagen, mit Hilfe derer eine Minimierung der CSB- bzw. TOC-Fracht erreicht werden kann, so dass langfristig die Entrichtung einer Abwasserabgabe entfällt.

Für die in den letzten Jahren eingerichteten Nachenteisungsflächen wurde behördlich der Anschluss der Flächen an das Schmutzwasserkanalsystem gefordert, sobald auf diesen mit Enteisungsmitteln gearbeitet wird.

- **Betriebsbereich Süd**

Die Entwässerung wird entsprechend des Ausbaus der Infrastrukturmaßnahmen gleichfalls über ein separates Niederschlagswasserkanalsystem (Trennverfahren) erfolgen. Dabei ist prioritär die Einleitung der abgeleiteten Niederschlagswassermenge in eine zentrale offene Versickerungsanlage vorgesehen. Darüber hinaus anfallende Niederschlagswassermengen werden im Rahmen der bestehenden Erlaubnis (Az. 79.31.1 WW-359/95-Kö/ms vom 12.03.1996) direkt in den Gundbach eingeleitet.

Der noch bestehende Teil der US Air Base wird derzeit über eine Mischkanalisation entwässert..

Weiterhin werden Niederschlagswässer von Kfz-Stellflächen und sonstigen geeigneten Verkehrsflächen über festgelegte Befestigungsmaterialien in den Untergrund versickert. Für den Bau und Betrieb der Entwässerungsanlagen sind u.a. die bestehenden wasserrechtlichen Vorgaben zu beachten. Danach darf Niederschlagswasser, das mit Enteisungsmitteln kontaminiert ist, nicht direkt in die Niederschlagswasserkanalisation und somit in die Versickerungsanlagen gelangen, sondern muss der Kläranlage der US-Air-Base zugeleitet werden.

Nach Übergabe weiterer Flächen der US-Air-Base an die Fraport AG zur zivilen Nutzung wird der Umbau dieser Nutzungsbereiche auch entsprechend der Betrachtung der umliegenden Gewässersituation nach spezifischen behördlichen Auflagen und Bedingungen erfolgen. Dabei ist das Gesamtkonzept der wasserwirtschaftlichen Entwicklungsplanung von äußerster Wichtigkeit. So sind Betrachtungen zur evtl. zu erweiternden Versickerungsanlage, der weiteren Nutzung der Kläranlage der US-Air-Base, der Leistungsfähigkeit des Gundbaches etc. vorrangig zu klären.

- **Start- und Landebahnssystem**

Die Entwässerung der befestigten Flächen des Start- und Landebahnsystems erfolgt über die seitlichen Schultern direkt über die Bodenpassage ins Grundwasser. Kanalisationen zur Sammlung und Ableitung von Niederschlagswasser direkt in Vorfluter / Oberflächengewässer existieren nicht.

Die Ableitung und dezentrale Einleitung über die Versickerung in das Grundwasser sind durch diverse Erlaubnisse und Verfügungen geregelt. Dabei wird besondere Aufmerksamkeit den Niederschlagswässern gewidmet, die mit Enteisungsmitteln beaufschlagt sind.

4.3.2 Prävention

Zur vollständigen Darstellung der Ist-Situation (2000) ist auch die Beschreibung der Maßnahmen des präventiven Gewässerschutzes der Fraport AG notwendig, weil darauf in den Gutachten zu den einzelnen Varianten Bezug genommen wird.

Aufgrund der räumlichen Nähe von Flughafenbetrieb und Trinkwassergewinnung betreibt die Fraport AG seit vielen Jahren eine Grundwassergüteüberwachung. Zur Analyse und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit sind auf dem Flughafen Frankfurt/Main und in dessen Umfeld derzeit ca. 300 Mess- und Beobachtungsbrunnen installiert. Die Messstellen ermög-

lichen sowohl die Erfassung der weitgehend natürlichen hydrochemischen Verhältnisse im Grundwasserleiter als auch die Feststellung kurz- und langfristiger Veränderungen hydrochemischer Belastungsgrößen. Des Weiteren werden Daten über das hydraulische Verhalten des Grundwassers erfasst, die der Bewertung und Vorhersage des Ausbreitungsverhaltens bei Schadensfällen dienen.

Darüber hinaus wird der Prävention eine starke Bedeutung eingeräumt: in einem permanenten Prozess werden wassergefährliche Stoffe durch ungefährlichere substituiert bzw. minimiert.

Die zur Sicherstellung des Flugbetriebs verwendeten, potenziell gewässergütebeeinflussende Stoffe werden im Folgenden beschrieben. Eingesetzt werden:

- Kraftstoffe
- Düngemittel
- Pflanzenschutzmittel/ Rodentizide
- Bewegungsflächenenteiser
- Flugzeugenteisungsmittel
- Feuerlöschmittel

Darüber hinaus waren aus der Vergangenheit Anreicherungen von Schwermetallen im Reifenabrieb in der Landezone bekannt.

Kraftstoffe/ Kraftstoffüberläufe

Auf dem bestehenden Gelände des Flughafens werden in sehr hohem Umfang Kraftstoffe, insbesondere Kerosin, umgeschlagen. Flugzeugbetankungen erfolgen zum größten Teil mit Hilfe eines unterirdischen Verteilsystems, das auf einem Rohrleitungsnetz basiert.

Zum sicheren Umgang mit einer derart großen Menge einer wassergefährdenden Substanz unterhält die das Verteilersystem betreibende Hydranten-Betriebs-Gesellschaft (HBG) ein Überwachungssystem. Das Rohrleitungssystem der HBG ist in 110 Unterabschnitte aufgeteilt, die mit einer automatischen Ausfallerkennung ausgerüstet sind. Dazu sind dezentral auf dem gesamten Flughafenvorfeld Unterstationen für die Signalansteuerung und Signalerfassung installiert. Diese sind über Standleitungen mit der Leitwarte verbunden, deren Rechner zum Schutz vor Ausfällen dreifach ausgelegt sind. Nachweise der Dichtheit werden über Druck-

tests automatisch abgewickelt. Über den Toleranzen liegende Druckverluste führen zum automatischen Absperren des betroffenen Abschnitts.

Kraftstoffüberläufe von Luftverkehrsfahrzeugen können bei der Flugzeugbetankung bzw. im Rollvorgang vor dem Start nicht vollständig ausgeschlossen werden. Auslöser sind oftmals technische Defekte der Überdruckventile bei vollgetankten Flugzeugen.

Düngemittel

Düngemittel müssen innerhalb der Grünlandvegetation im Start-/ Landebahnsystem ausgebracht werden, um auf dem nährstoffarmen Boden eine geschlossene Vegetationsdecke sicherzustellen. Dazu werden neben kalium- auch stickstoffhaltige Dünger („Depotdünger“) verwendet. Depotdünger setzen den pflanzenverfügbaren Stickstoff langsam (innerhalb von 4 bis 8 Wochen) frei, so dass die Aufnahme durch die Pflanzen effektiver ist, die Auswaschungsrate von Nitrat aber reduziert wird.

Die Menge der ausgebrachten Dünger ist bereits im Ist-Situation 2000 auf ein Mindestmaß reduziert, wobei hauptsächlich das Wurzelwachstum und weniger das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile angeregt wird. Eine Intensivdüngung ist nicht erforderlich und auch nicht vorgesehen. Außerdem kann die Düngung in der Regel auf den mechanisch höher beanspruchten Randstreifen entlang der Start- / Landebahnen und Rollbahnen beschränkt werden.

Pflanzenschutzmittel und Rodentizide

Der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in den Boden ist bei der Beurteilung vernachlässigbar. Er beschränkt sich auf den Herbizideinsatz an Betonfugen sowie die punktuelle Verwendung im Anlagen- und Vorfeldbereich. Teilweise sind die Pflanzen in nach unten abgedichteten Kübeln eingepflanzt.

Dort werden Mittel gegen Insekten (Insektizide), Unkrautbekämpfungsmittel (Herbizide) und Mittel gegen Pilze (Fungizide) als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Wasserschutzgebietsauflage (Simazin, Casaron) wird verzichtet. Des Weiteren erfolgt eine ständige Überprüfung, ob die bisher angewandten Pflanzenschutzmittel durch möglichst vollständig bzw. schneller abbaubare Mittel ersetzt werden können.

Aufgrund der Grasvegetation siedeln sich Nagetiere an, die potenzielle Beutetiere für Greifvögel darstellen. Da im Luftverkehr der Vogelschlag eine potenzielle Gefahrenquelle darstellt, soll das Gebiet für Greifvögel möglichst unattraktiv gemacht werden. Dies erreicht man zunächst durch seltenes Mähen und den Aufwuchs von Langgras. Damit können die Nagetiere durch die Greifvögel nicht erkannt werden. Abhängig von der Mäusepopulation ist jedoch von Zeit zu Zeit der Einsatz von Feldmausködern mit Rodentizidwirkstoffen erforderlich. Eine weitere Minimierung erscheint aus heutiger Sicht nicht möglich.

Bewegungsflächenenteiser

Auf dem größten Teil der Flugbetriebsflächen (Start-/ Lande-, Rollbahnen und Vorfeld) werden Flächenenteisungsmittel auf Basis von Kaliumacetat bzw. ab dem Winter 2000/ 2001 Kaliumformiat ausgebracht. Im Bereich der nicht kanalisierten Flächen (Start-/ Landebahnsystem) erfolgen innerhalb der Grundwassergüteüberwachung begleitende Grundwasser- und Sickerwasseruntersuchungen. Untersuchungen in den kanalisierten Bereichen werden im Rahmen der Abwasserüberwachung durchgeführt.

Seit 1999 ist die Ausbringung der flüssigen Bewegungsflächenenteiser weiter optimiert. Im November 1999 wurden die Sprühfahrzeuge mit Infrarotmessgeräten ausgestattet. Während des Streuvorganges ermittelt das Infrarotmessgerät die Temperatur der Oberfläche. Die Ausbringungsmenge wird dann temperaturabhängig automatisch zwischen einer Mindestmenge von 5 g/m² bis zur Maximalmenge von 25 g/m² eingestellt. Damit wurde eine wesentliche Verbesserung des präventiven Gewässerschutzes erzielt, da die Ausbringungsmenge, abhängig von der Witterung, bis zu 20 % reduziert ist.

Die Minimierung der eingesetzten Enteisungsmittelmenge auf das betrieblich notwendige Mindestmaß erfolgt weiterhin durch

- computergestützte Winterdienstvorhersage (Ermittlung der Boden- und Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Taupunkt)
- Intensivierung und Optimierung der mechanischen Räumung

Auf Straßen, Plätzen und Fußgängerwegen außerhalb der Flugbetriebsflächen wird Salz in Form von Natriumchlorid (granuliert) und Calciumchlorid (flüssig) ausgebracht. Mit der Modernisierung des Fahrzeugbestandes wird zunehmend dazu übergegangen, auf Straßen außer-

halb des Vorfeldbereiches nur das flüssige Calciumchlorid anstelle von festem, mit Calciumchlorid angefeuchtetem Natriumchlorid auszubringen. Die Ausbringung erfolgt über „Flüssigstreuer mit Sprüheinrichtung“. Diese sind gegenüber den herkömmlichen Streufahrzeugen für Granulat in der Lage, die genaue Straßenbreite abzustreuen. Die präzisere Ausbringungstechnik verhindert die unerwünschte Verlagerung des Streumittels in angrenzende Grünstreifen. Zudem wird die Ausbringungsmenge reduziert.

Aufgrund der guten Erfahrungen mit stickstofffreien Enteisungsmitteln ist im bestehenden Bahnsystem der Einsatz auch im Südteil der Startbahn West, d. h. innerhalb einer Schutzzone III B zulässig (Nachtragsbescheid 79.31.1 WW-138-93-Kö/msa vom 10.09.1997) der Unteren Wasserbehörde der Stadt Frankfurt).

Flugzeugenteisungsmittel

Auf den Flugbetriebsflächen im Bereich der Abstellpositionen sowie an einigen Nachenteisungsflächen wird Monopropylenglykol zur Flugzeugenteisung angewendet. Der Verbrauch von Flächen- und Flugzeugenteisungsmitteln ist stark witterungsabhängig und schwankte in der Vergangenheit um den Faktor 2 bis 3.

Flugzeugenteisungsmittel werden fast ausschließlich auf dem kanalisiertem Vorfeld durchgeführt.

Feuerlöschmittel

Feuerlöschmittel werden sowohl bei Einsätzen als auch zu Übungs- und Erprobungszwecken auf dem Flughafen verwendet. Zur Anwendung kommen Schaum- und Pulverlöschmittel.

Die Übungen und Erprobungen sind hinsichtlich Boden und Grundwasser nicht relevant. Mit dem Wegfall des Feuerlöschübungsplatzes im Süden des Flughafens wurden nur noch kleinere Übungen auf einer versiegelten Fläche im Südteil des Flughafens (Nähe Kläranlage) durchgeführt. Diese Fläche ist mit einem Straßeneinlauf versehen, so dass das bei der Übung anfallende Feuerlöschmittel-Wasser-Gemisch über die Kanalisation der Kläranlage der US-Air-Base zugeführt wird.

Die Erprobungen (d. h. Funktionsprüfungen der Fahrzeuge und der Löschmittel) erfolgen in der Feuerwache 2. Nach Abschluss der Erprobung wird dort das Schaumlöschmittel-Wassergemisch über den Schmutzwasserkanal in die Kläranlage Frankfurt-Niederrad abgeleitet.

Bei der Auswahl neuer Feuerlöschmittel werden die gewässerschutzrelevanten Aspekte im Rahmen des Fraport-internen Produktbewertungsverfahrens berücksichtigt. Der Verbrauch der Mittel zu Übungszwecken wurde stark eingeschränkt.

Seit dem Sommer 1999 können durch die Beschaffung einer Brandsimulationsanlage wieder größere Feuerwehrlübungen auf dem Flughafen erfolgen. Anstelle des Brandbeschleunigers Kerosin wird Flüssiggas verwendet. Außerdem wird im Vergleich zu früheren Übungen auf dem ehemaligen Feuerlöschübungsplatz der simulierte Brand nicht mit Schaumlöschmitteln, sondern mit Wasser gelöscht. Mit der neuen Übungspraxis werden Einträge von wassergefährdenden Stoffen in Boden und Grundwasser bzw. in die Kanalisation verhindert. Der Flughafenfeuerwehr ist es somit gelungen, eine umweltschonendere Übungsform einzuführen.

Reifenabrieb

Der Reifenabrieb wird regelmäßig durch Spezialfahrzeuge mittels Hochdrucktechnik entfernt und das anfallende Spülwasser im Kreislaufverfahren direkt in das Reinigungsfahrzeug zurückgesaugt (Fraport AG ohne Jahr) /11/.

Insgesamt sind Auswirkungen des derzeitigen Flughafenbetriebs auf die Grundwasserqualität nicht zu beobachten (Fraport AG ohne Jahr) /11/.

4.4 Zusammenfassung und Bewertung

Das Untersuchungsgebiet ist in der Ist-Situation (2000) aufgrund der hohen Ergiebigkeit des Grundwasserleiters intensiv durch Wasserentnahmen zu Trinkwassergewinnungszwecken und zu industriellen Zwecken genutzt. Den Trinkwasserentnahmen sind Wasserschutzgebiete zugeordnet, die sich im Norden, Osten und im Süden sowie im äußersten Westen des Untersuchungsgebietes befinden.

In der Ist-Situation (2000) liegen Teile des östlichen Flughafenareals und die Südspitze der Startbahn West in Wasserschutzzonen III b.

Detailliertere Angaben zu den einzelnen Varianten und der variantenunabhängigen Fläche finden sich in den jeweiligen Teilgutachten.

5 Auswirkungen der geplanten Maßnahmen

5.1 Mögliche Änderungen der Grundwasser- und Abflussverhältnisse

Aus der Auswertung der in Kapitel 3.8.9 genannten Faktoren geht hervor, dass durch die Änderung der Nutzung bei den in den einzelnen Teilgutachten genannten Versiegelungsgraden von einem deutlichen Anstieg der Grundwasserneubildung auszugehen ist. Der Effekt ist auch von den zum Zeitpunkt des Baues gültigen Bedingungen zur Hindernisfreiheit abhängig, d. h. er wird abgeschwächt, wenn der Graslandanteil zugunsten des Buschlandes bzw. höhenlimitierter Bäume reduziert wird. Er wird erhöht, wenn der von den Bahnen abfließende Niederschlag über die Bahnschulter frei entwässert wird.

Der Anstieg des Grundwasserspiegels wird analog zu den Erkenntnissen vom Bau der Startbahn West im Bereich von wenigen Dezimetern bleiben (HLfB 1997) /21/. Er liegt somit im Bereich der jahreszeitlichen Schwankung und ist damit von geringer Bedeutung.

Insofern ist in der regionalen Betrachtung für den Gesamt-Untersuchungsbereich nicht mit großräumigen Auswirkungen zu rechnen. Detailliertere Angaben zu den einzelnen Varianten und der variantenunabhängigen Fläche finden sich in den jeweiligen Teilgutachten (vgl. IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

5.2 Abgrenzung und Bewertung der Eingriffe in Grund- und Oberflächengewässer durch Entwässerung und/ oder Aufstau bei Tunnelbauwerken

Sowohl im Prognosenullfall als auch in den Planungsfällen (2015) ist geplant, einzelne punktförmige oder linienhafte Bauwerke in den gesättigten Bereich zu gründen. Dabei können folgende Effekte auftreten:

- punktförmige Gebäude und linienhafte Bauwerke verringern den Querschnitt des Grundwasserleiters. Dies bedingt einen Aufstau auf der Anstromseite des Bauwerkes. Durch die Gefälleänderung steigt die Fließgeschwindigkeit. Damit kann in derselben Zeiteinheit mehr Wasser den verringerten Querschnitt passieren. Der Querschnitt des Grundwasserleiters nicht beliebig eingengt werden kann. Es existiert jedoch keine

scharfe Grenze, da die mögliche Querschnittsverengung von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Auch die Temperatur des Grundwassers spielt hierbei eine Rolle. Beispielsweise hätte eine starke Wärmeabgabe aus den Gebäuden in das Grundwasser, die zu einer Temperaturverdoppelung der mittleren Grundwassertemperatur von 10 ° Celsius auf 20 ° Celsius führen würde, eine Erhöhung des k-Wertes um 30 % zur Folge (Richter und Lillich 1975) /46/.

- Die Veränderung des Untergrundes bei Baumassnahmen durch Tausch des Bodenmaterials kann zu Veränderungen der Grundwasserfließverhältnisse führen. Gröberkörnigeres Material führt zu einer Erhöhung des k-Wertes, feinerkörnigeres zu einer Senkung. Damit könnte beispielsweise die Baugrubenverfüllung an einem Bauwerk mit gröberkörnigerem Material zu Drainageeffekten führen, deren Wirkung von der Größe und der Geometrie des Bauwerkes abhängig ist. Vom Tunnelbau unter der Startbahn West ist bekannt, dass durch möglicherweise nicht ausreichend verdichtetes Material im Arbeitsbereich eine Anomalie der Fliessrichtung mit einer Reichweite von maximal 600 m erzeugt wurde. Einschränkend muss angemerkt werden, dass dort lediglich wenige Grundwassermessstellen zur Beobachtung zur Verfügung stehen und das Auskeilen des oberflächennahen Grundwasserleiters die hydrogeologische Situation weiter verkompliziert (IF 2001 a) /27/.

Eine Analogie mit Tunnelbauwerken quer zur Strömungsrichtung des Grundwassers unter gleichartigen geologischen und hydrogeologischen Bedingungen besteht im Fall des ICE-Tunnels unter dem Frankfurter Kreuz. Dort ist die Barrierewirkung des Tunnels nach den bisherigen Erfahrungen wegen der großen Mächtigkeit des gut durchlässigen sandig-kiesigen Aquifers minimal. Der verursachte Grundwasseraufstau liegt im Zentimeterbereich.

Die nähere Betrachtung erfolgt innerhalb der Teilgutachten zu den einzelnen Varianten sowie der variantenunabhängigen Fläche (vgl. IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

5.3 Gefährdungspotential durch Ausbau und Betrieb auf die genutzten Grundwasservorkommen

5.3.1 Bau

5.3.1.1 Rodung

Der Bau einer der Varianten bzw. der variantenunabhängigen Fläche setzt die Rodung von Wald voraus. Damit verbunden ist die Beseitigung der bodennahen Begleitvegetation.

Damit wird in den natürlichen Stickstoffhaushalt eingegriffen. Der Stickstoff unterliegt in Böden einem kontinuierlichen Kreislauf zwischen anorganischen und organischen N-Verbindungen, wobei die Prozesse der Mineralisierung auf der einen Seite und Immobilisierung auf der anderen Seite erhebliche Auswirkungen haben.

Somit kommt es zu einer starken Mineralisation von Humus und zu starker Überschusnitrifikation. Besteht dann auch noch die Verlagerungsmöglichkeit durch Niederschläge, ist eine Mobilisierung von Nitrat mit dem Sickerwasser in das Grundwasser wahrscheinlich.

Aus der Waldschadensforschung ist bekannt, dass diese Überschusnitrifikation gleichzeitig eine erhöhte Säureproduktion darstellen kann. (Rothe et al. 1998) /48/.

Dieser Effekt ist jedoch an die Rodungstätigkeit gebunden und damit zeitlich eng begrenzt. Er wird daher als nicht erheblich gewertet und ist darüber hinaus durch technische Maßnahmen (siehe Kapitel 5.6.1) minimierbar.

5.3.1.2 Oberflächennahe Tiefbauarbeiten

Durch Erdarbeiten in der eigentlichen Bauzone werden die Infiltrationsbedingungen des Niederschlagswassers verändert und der Eintrag von Verschmutzungen erleichtert. Damit werden die Verweilzeiten des Sickerwassers in der ungesättigten Zone in der Regel herabgesetzt. Die Reinigungskräfte des Untergrundes werden dadurch verringert, weil die Aufenthaltsdauer in der ungesättigten Zone starke Auswirkungen auf die Abbau- und Sorptionsprozesse hat.

Das Abschieben des Oberbodens legt die unteren Bodenschichten frei, die sich in ihren Bodenfunktionen deutlich vom Oberboden unterscheiden. Im konkreten Fall werden damit Sande und Kiese mit geringer Pufferkapazität freigelegt.

Das Gefährdungspotential für Boden und Grundwasser besteht aus einem großen Stoffspektrum, wie es im Baubereich zum Einsatz kommt, wie z. B. Öle, Treibstoffe und Fette.

Durch die mögliche Verdichtung des Untergrundes durch Baumaschinen etc. bestehen im Bereich der Baustelle ungünstige Bedingungen für den Abbau und die Immobilisierung organischer Stoffe, da die mikrobiologische Aktivität und die notwendige Durchlüftung im verbliebenen Sediment geringer sein kann als in den durch Bautätigkeit ungestörten Bereichen. Die Risiken sind durch einfache technische Maßnahmen sowie durch Beachtung der einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Regelwerke beherrschbar.

5.3.1.3 Bodenaushub und Freilegung der Grundwasseroberfläche

Durch Bodenaushub wird der Flurabstand künstlich verringert, was aufgrund der verkürzten Sickerstrecke die potenzielle Gefahr der Grundwasserverunreinigung erhöht.

Das Niveau der Sohle der geplanten Bauwerke wird mit einer maximalen Bautiefe von 10 m unter der jetzigen Geländeoberfläche (FAG 2000a) /8/ insbesondere im Bereich der variantenunabhängigen Fläche ca. 2 bis 5 m in das Grundwasser einbinden. Damit besteht die Notwendigkeit, in der Bauphase entweder eine Wasserhaltung zu betreiben oder ein Bauverfahren zu wählen, das von vornherein geeignet ist, den Eingriff in das Grundwasser zu minimieren. Das Verfahren wird in Kapitel 5.6.1 dargestellt.

5.3.1.4 Grundwasserabsenkung

Bei Verzicht auf das in Kapitel 5.6.1 dargestellte Verfahren muss für Baugruben, die in das Grundwasser reichen, eine Wasserhaltung betrieben werden. Dazu wird der natürliche Grundwasserspiegel soweit abgesenkt, dass die Baugrube trocken fällt.

Je nach Art der Wasserhaltung könnte der Wasserhaushalt durch eine größere, tiefere und länger andauernde Grundwasserabsenkung beeinflusst werden. Dies gilt dann, wenn auf Dauer mehr Grundwasser gepumpt wird, als im Zuflussgebiet bzw. durch Grundwasserneubildung neu entsteht. Als Konsequenz weitet sich die Reichweite der Grundwasserabsenkung laufend aus. Die Effekte können durch geeignete Wiederversickerung des geförderten Grundwassers in ihrer räumlichen Auswirkung minimiert werden.

Größere Grundwasserabsenkungen über 30 bis 50 cm hinaus können – je nach Reichweite - Auswirkungen auf die Vegetation im Umkreis haben. Dies gilt nur für Grundwasserflurabstände bis 5 m. Bei größeren Flurabständen kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser für die Wurzeln nicht mehr erreichbar ist.

Zeitlich befristete Absenkungen sind in ihrer Wirkung geringer zu beurteilen als dauerhafte Absenkungen (Neumann u. Wolff 1997) /41/. Überschlüssig wird vom zehnfachen Absenkbeitrag als Toleranzschwelle gegenüber permanenten Absenkungen berichtet.

Grundwasserabsenkungen im Bereich von Grundwasserschäden könnten zum Umlenken von Belastungsfahnen in Richtung auf die Grundwasserentnahme führen. Aussagen zur erwarteten Qualität des geförderten Wassers erfolgen bei den jeweiligen Einzelmaßnahmen (IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

Aufgrund des erwarteten vorübergehenden Charakters der Eingriffe werden baubedingte Grundwasserabsenkungen als nicht bedeutend gewertet. Darüber hinaus sind durch geeignete Verfahrenswahl (siehe Kapitel 5.6) die Effekte minimierbar.

5.3.2 Betrieb

5.3.2.1 Langzeitwirkungen von Bauwerken

Langzeitwirkungen von Bauwerken entstehen aus der Sicht des Gewässerschutzes insbesondere dann, wenn die Bauwerke in das Grundwasser einbinden. Dies betrifft in erster Linie Tunnelbauwerke sowie Tiefkeller.

Nach Fertigstellung müssen alle in das Grundwasser eintauchenden Bauwerke WHG-konform druckwasserdicht sein. Damit wird eine direkte qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers infolge des in den Bauwerken ablaufenden Betriebes verhindert. Das Grundwasser kann durch Lösung von Calcium, Magnesium etc. aus dem Beton sowie dadurch hervorgerufenen Änderungen von pH-Wert und Temperatur in seinem Chemismus geringfügig verändert werden.

Bezüglich der möglichen Barrierewirkung der in das Grundwasser eintauchenden Bauwerke wird auf Kapitel 5.6 verwiesen.

Die Darstellung der einzelnen Auswirkungen erfolgt in den jeweiligen Gutachten zu den Varianten.

5.3.2.2 Auswirkungen des Betriebs

Auswirkungen des Flughafenbetriebs in der Ist-Situation (2000) auf die Grundwasserqualität sind, wie in Kapitel 4.3.2 beschrieben, nicht zu beobachten (Fraport AG ohne Jahr) /11/. Aufgrund der Tatsache, dass das Stoffpotential im Prognosenullfall bzw. bei den Planungsfällen (2015) nicht ungünstiger sein wird als in der Ist-Situation (2000), werden auch keine Auswirkungen durch das flugbetriebsspezifische Stoffpotential für den Bereich der variantenunabhängigen Flächen und für die Landebahnen erwartet.

Das erweiterte Stoffpotential einer Startbahn beinhaltet die Möglichkeit potenzieller Kraftstoffüberläufe sowie den potenziellen Abtropfverlust von Flugzeugenteisungsmitteln und wird daher mit einem Zuschlag in der stoffbezogenen Bewertung versehen. Dies ist für die versiegelten Teilbereiche der variantenunabhängigen Fläche und für die auch als Startbahn vorgesehene Variante Süd von Belang und wird in den diesbezüglichen Teilgutachten betrachtet. Die als Landebahn vorgesehene Vorzugsvariante Nordwest und die Variante Nordost sind nicht betroffen.

Die Darstellung der daraus resultierenden Bewertungen erfolgt in den jeweiligen Gutachten zu den Varianten.

5.3.2.3 Zur Frage der Versauerung von Böden durch Luftschadstoffe und Folgewirkungen auf Deckschichten und Grundwasser

Grundsätzlich gilt nach HLFU (1999) /18/, dass im gemäßigt- bis kühl-humiden Klimabereich Versauerung und Nährstoffverarmung der Böden natürliche Bodenentwicklungsprozesse sind, die langfristig zu einer Degradierung und abnehmenden Fruchtbarkeit der Böden führen. Auch standortspezifische Faktoren können zur Versauerung beitragen. Beispielsweise ist bekannt, dass in Fichtenbeständen organische Säuren zum Versauerungsprozess beitragen. Gegenläufige Prozesse sind die Auflösung von Carbonaten und die Silikatverwitterung sowie bestimmte organische Auflagen.

Die Versauerung setzt entweder den Eintrag und / oder die systeminterne Produktion von Wasserstoffionen voraus. Neben der o. g. systeminternen Produktion kommt es zum Säure-

eintrag auf den Boden durch bestimmte anthropogene Luftverunreinigungen, die über verschiedene Transformationen zu einem Säureeintrag in den Boden führen. Während die Belastung durch Schwefelverbindungen aufgrund der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe abnimmt, könnte die Belastung durch NO_x infolge des weiter anwachsenden Verkehrs (auch des Luftverkehrs) weiter zunehmen. Zumindest für den bodengebundenen Verkehr ist aufgrund der Fortschritte in der Abgasreinigungstechnik eine Kompensation des Mehrverkehrs durch verbesserte Filtersysteme zu erwarten.

Der Eintrag geschieht entweder als

- nasse Deposition mit den Niederschlägen oder als
- trockene Deposition infolge direkter Ablagerung von Gasen und Partikeln.

Dazwischen existiert als Übergangsform die feuchte Deposition.

Während die nasse Deposition von der Niederschlagshöhe und von Luv- oder Leelagen abhängig ist, ist die trockene Deposition nutzungsabhängig. Vor allem die Wälder sind daher durch Säureinträge stark belastet, weil die große Blatt- oder Nadeloberfläche eine Auskämmung der Schadstoffe aus der Luft bewirkt. Auch die feuchte Deposition kann aufgrund des Auskämmens von Nebeltröpfchen der trockenen Deposition zugerechnet werden.

Für diese Untersuchung von Interesse ist die verkehrsmengenabhängige potenzielle Belastung durch NO_x und dessen säurebildende Umwandlungsprodukte. Die Stoffflüsse sind nichtlinear und können noch nicht genau quantifiziert werden, so dass das Verhältnis von trockener zu nasser Deposition noch nicht gesichert ist. Nach der o. g. Quelle überwiegt jedoch die trockene Deposition mit ca. 80 % aller Depositionen.

Der Boden kann Protoneneinträge dadurch puffern, dass die Protonen mit anderen Stoffen reagieren und die Säurestärke abnimmt. Die Fähigkeit eines Bodens, Säuren abzupuffern, wird als Säureneutralisierungskapazität (SNK) bezeichnet. Die Pufferreaktionen finden in bestimmten pH-Bereichen statt:

Carbonat-Pufferbereich	pH 8-6,5
Pufferbereich variabler Ladungen (Tonminerale, Oxide)	pH 8-5,5

Pufferbereich variabler Ladungen (Huminstoffe)	pH 8-3
Silikatpuffer (primäre Silikate, Tonminerale)	pH < 7
Austauscher-Pufferbereich	pH 5 – 4,5
Mangan-Pufferbereich	pH 5,5 – 4,5
Aluminium-Pufferbereich (Oxide und Hydroxide)	pH 4,8 – 3
Aluminium-Pufferbereich (Hydroxosulfate)	pH 4,5 – 3
Eisen-Pufferbereich	pH < 3

Da einige Böden von Natur aus basenarm sind, sind sie generell anfällig gegenüber Versauerung.

Aus der vorliegenden zitierten Arbeit ist zu entnehmen, dass sich für das Untersuchungsgebiet überwiegend eine erhöhte, in Teilen der Variante Süd auch eine mittlere Grundwassergefährdung durch Säureeintrag ergibt. Anthropogen überprägte Flächen wie das bestehende Flughafengelände werden nicht bewertet.

Aus den Ergebnissen kann auch abgeleitet werden, dass eine Nutzungsänderung von Wald zu Grünland im Bereich der Varianten aufgrund der starken Verringerung der trockenen Deposition in den direkt von der Nutzungsänderung betroffenen Bereichen zu einer starken Abnahme des Säureeintrages in den Boden führen wird.

Dem Institut Fresenius liegt eine Auswertung von Daten einer Dauerbeobachtungsfläche des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG 2001) /16/ in unmittelbarer Nachbarschaft zur Startbahn West (Lage R 3465,67; H 5542,13) vor. Der dort anzutreffende Boden wird als Gley-Braunerde aus löblehmführenden Flugsand charakterisiert. Im Liegenden folgt kiesführender Terrassensand. Der Boden zeigt trotz der Ballungsraumlage keine auffällige Belastung durch Schwermetalle und organische Spurenstoffe im Vergleich mit anderen hessischen Waldböden. Die Pufferkapazität des obersten Meters wird als „gering“ bewertet. Der Boden gilt im obersten Meter als „stark versauert“. Die oberflächennahen Humuslysimeter weisen in der Beobachtung von 1992 bis 2000 Werte zwischen pH 3 und pH 5 mit einer leicht steigenden Tendenz auf. Oberflächennah aktive Austauscher-Pufferbereiche wären gemäß der obenstehenden Auflistung damit der zeitweise der Austauscher-Pufferbereich, der Mangan-Puffer sowie die Aluminium-Puffer.

Die Depositionsraten werden in (HLUG 2001) /16/ mit „leicht fallender Tendenz“ beschrieben. Diese Aussage wird in den Prognosen von IVU Umwelt (2001) /39/ noch verstärkt. Danach sind die Immissionen in der Ist-Situation (2000) deutlich höher als im Prognosenullfall und in den Planungsfällen.

Die im Grundwasser gemessenen Werte zeigen nach (HLUG 2001) /16/ „keinen direkten Bezug zum Niederschlag und Sickerwasser“.

Im Nahbereich der Startbahn West sind somit in der Ist-Situation keine flugbetriebsspezifischen Beeinflussungen des Bodens und auf das Grundwasser nachzuweisen. Aufbauend auf den obenstehenden Ergebnissen, vor allem unter Berücksichtigung der Verringerung der trockenen Deposition, wird dies bei allen neuen Bahnvarianten ebenfalls nicht erwartet.

5.4 Mögliche Beeinträchtigungen von wasserwirtschaftlichen Nutzungen

Potenzielle Beeinträchtigungen von wasserwirtschaftlichen Nutzungen sind generell weder qualitativ noch quantitativ – insbesondere hinsichtlich der oberstromigen Gewinnungsanlagen Zeppelinheim und Walldorf - zu erwarten. Gleichwohl ergeben sich variantenspezifische Bewertungsnuancen, die in den Gutachten zu den einzelnen Varianten beschrieben werden (IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

5.5 Aussagen zu Versickerungs- und Entwässerungskonzepten

Für den Prognosenullfall ist nach Fraport (2001) /10/ davon auszugehen, dass die im Süden des Flughafens umzugestaltenden Flächen grundsätzlich über das dort bestehende Oberflächenentwässerungssystem entsorgt werden können. Im Zusammenhang mit der Errichtung der Cargo City Süd wurde ein zukünftiger Ausbau im Süden innerhalb der bestehenden Flughafengrenzen unter Einbeziehung der Flächen der US Air Base bereits berücksichtigt.

Zur Sicherung dieses Konzeptes bzw. wegen der hydraulisch begrenzten Aufnahmefähigkeit des als Vorflut dienenden Gundbachs wird ein zusätzlicher Staukanal unter dem Vorfeld gebaut. Dieser gewährleistet die geregelte Ableitung des Niederschlagswassers in die bereits im Süden vorhandenen Niederschlagswasserrückhalte- und Versickerungskapazitäten (inkl. einer u.U. notwendigen Ertüchtigung) bzw. die Einhaltung der maximal zulässigen Einleitmengen in den Gundbach (1.800 l/s). Das Rückhaltesystem dient ferner der Bereitstellung von Brauch- und Löschwasser.

Die zur Ableitung von unbelastetem Niederschlagswasser im Südosten des bestehenden Flughafenareals vorhandene Versickerungsanlage ist entsprechend den kapazitiven Anforderungen ggf. auszubauen bzw. um eine weitere Anlage an einer hierfür geeigneten Stelle zu ergänzen. Gegebenenfalls muss die Staukapazität durch die Anlage weiterer Regenrückhaltebecken erhöht werden.

Die im Rahmen der bestehenden Genehmigungen zulässigen Einleitmengen in den Gundbach werden nach dem derzeitigen Kenntnisstand als ausreichend erachtet.

Im Winterbetrieb kann es notwendig werden, mit Enteisungsmitteln belastetes Oberflächenwasser separat zu fassen, in verträglicher Dosierung in der Kläranlage Süd zuzuleiten und zusammen mit dem Schmutzwasser aufzubereiten. Alternativ wären die mit Enteisungsmitteln belasteten Oberflächenwässer über die Schmutzwasserkanalisation den Kläranlagen Frankfurt-Niederrad oder Frankfurt-Sindlingen zuzuführen.

Für die Planungsfälle der Varianten sind verschiedene Modelle für Versickerungs- bzw. Entwässerungskonzepte denkbar, die variantenspezifisch in den Gutachten zu den einzelnen Varianten diskutiert werden.

Hierzu gilt generell, dass nach § 7a Wasserhaushaltsgesetz (WHG) Menge und Schädlichkeit des Abwassers (Niederschlagswasser ist auch Abwasser) so gering gehalten werden müssen, wie dies bei Anwendung der jeweils in Betracht kommenden allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT) möglich ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass durch gezielte Vermeidungsmaßnahmen bestimmte Schadstoffe dem Wasser ferngehalten oder durch geeignete Abwasserbehandlung aus dem Abwasser entfernt werden.

Auf den ausgewiesenen Flächen aller Varianten können aufgrund der Erfahrungen aus der Vergangenheit insbesondere folgende Stoffe das Niederschlagswasser beeinflussen:

- Bewegungsflächenenteiser (BE)
- Flugzeugenteiser (FE) aus Roll- und Startvorgang, insbesondere auf neu einzurichtenden Enteisungs- oder Nachenteisungsflächen

Alle Entwässerungsanlagen erfordern ein sicheres Steuerungs- und Überwachungssystem, um Belastungen der Umwelt in den genehmigten Grenzen zu halten.

Weitere Betrachtungen erfolgen in den Gutachten G 15.2 bis 15.5 (IF 2001 a-d) /27/, /28/, /29/, /30/.

5.6 Aussagen zu Schutz- und Vorsorgekonzepten bezüglich des Schutzgutes Wasser für den Ausbau des Flughafens

5.6.1 Bauphase

Als Gegenmaßnahme zu der in Kapitel 5.3.1.1 angesprochenen Frage der Nitratfreisetzung infolge Kahlschlag kommen in Frage:

- Versiegelung des Gebietes nach Abholzung
Eine rasche Versiegelung des Gebietes durch Betonierung minimiert den Zeitraum, in dem Niederschlagswasser zutreten kann und zu einer vertikalen Verlagerung führen kann. Diese Maßnahme ist allerdings auf die engeren Bauzone beschränkt.
- Einsaat von stickstoffzehrenden, rasch aufwachsenden Pflanzen
Die Einsaat von Stickstoffzehrern als Erstbewuchs kann den Stickstoffgehalt des Oberbodens minimieren. Sie ist durch jahreszeitliche Effekte begrenzt.
- Entfernung des humushaltigen Oberbodens
Eine effektive, aber sehr kostenintensive Maßnahme wäre die Entfernung des gesamten ehemals durchwurzelten Bodenvolumens. Dadurch würden die gespeicherten Stickstoffverbindungen aus der Bauzone entfernt und die Gefahr der vertikalen Verlagerung wäre beseitigt. Allerdings wäre bei Vollabtrag der durchwurzelten Zone (Annahme 1 m) je nach Variante überschlägig 2,5 bis 3 Millionen Kubikmeter Material zu entfernen und gegebenenfalls durch anderes Material zu ersetzen. Darüber hinaus ist das Material des Unterbodens ärmer an Feinkorn, die potenzielle Grundwassergefährdung - auch durch den zumindest zeitweise verringerten Flurabstand - steigt somit an.

Gegenmaßnahmen zu den in Kapitel 5.3.1.2 angesprochenen potenziellen Gefährdungen durch die Baumassnahmen können sein:

- Einrichten von Wartungs-, Reinigungs- und Betankungseinrichtungen auf versiegelten Flächen mit Entwässerung zur öffentlichen Schmutzwasserkanalisation

- Nutzung bzw. Schaffung geeigneter Abstellflächen für Fahrzeuge und Geräte während der Betriebsruhe
- Einrichtung eines geeigneten Kraftstoff- und Betriebsmittellagers
- Verwendung von technisch einwandfreiem Gerät

Die in Kapitel 5.3.1.3 angesprochenen potenziellen Gefährdungen durch die Baumassnahmen können beispielsweise durch die Herstellung von wasserdichten Trogruben vermieden werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, das außerhalb der jeweiligen Baufläche anstehende Grundwasser unangetastet zu lassen und dadurch den Eingriff in den Grundwasserkörper zu minimieren. Lediglich das Grundwasser innerhalb der Trogrube ist bei diesem Verfahren abzupumpen. Die Verschleppung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen kann so verhindert werden.

Für die Herstellung der Trogruben stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Dort, wo im Bereich des Baufeldes ausreichend mächtige bindige abdichtende Schichten anstehen, werden bei diesem Bauverfahren diese Schichten als Dichtungssohle in Verbindung mit einem wasserdichten Baugrubenverbau zur Ausführung kommen. In Bereichen ohne ausreichend mächtige bindige abdichtende Schichten muss die horizontale Abdichtung der Baugruben durch eine tiefliegende Hochdruckinjektionssohle oder durch eine Unterwasserbetonsohle mit entsprechender Auftriebssicherung hergestellt werden.

Die Ausführung des Baugrubenverbaus erfolgt bei diesem Verfahren entweder verformungsarm als Schlitzwand oder überschnittene Bohrpfahlwand oder aber als wasserdichte Spundwand in den übrigen Bereichen. Je nach Tiefe kann dies in Verbindung mit Einphasenschlitzwänden vorgesehen werden.

Dem in Kapitel 5.2 genannten potenziellen Aufstauereffekt des Grundwassers an Tunnelbauwerken kann durch bauliche Maßnahmen (z. B. Drainage oder Einbau von Entlastungsdüken zur Kompensierung einer eventuellen Barrierewirkung) begegnet werden.

5.6.2 Betriebsphase

Ein effektives Instrumentarium des laufenden Betriebs in Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser ist die Grundwassergüteüberwachung innerhalb eines Monitoring-Systems. Da bereits

in der Ist-Situation 2000 (siehe Kapitel 4.3) im bestehenden Bereich des Flughafens Frankfurt ein Monitoringprogramm mit einem ausreichend dichten Messnetz existiert, ist bei allen Planungsfällen lediglich eine Systemergänzung notwendig. Bereits in der Ist-Situation 2000 sind die Grundwasserbenutzer im Umkreis des Flughafens in das Monitoringprogramm einbezogen. Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit wird zentral koordiniert, damit u. a. homogene und verwertbare Datensätze erzeugt werden. Darüber hinaus befindet sich eine leistungsfähige Datenbank in der Implementierungsphase (Fraport AG ohne Jahr) /11/. Die Fraport AG arbeitet hierzu bereits in der Ist-Situation 2000 mit Behörden, Wasserversorgungsunternehmen, etc. zusammen. Das System eignet sich auch zur Beweissicherung.

Falls im Zuge des Ausbaues es zur Errichtung eines neuen Terminals kommen sollte, an dem ebenfalls auf den dortigen Abstellpositionen Betankungen aus einem Leitungssystem vorgenommen werden, ist auch dort ein entsprechendes Sicherheitssystem vorzusehen.

6 Zusammenfassung

In diesem Gutachten wurden die den gesamten Untersuchungsraum betreffenden hydrologischen und hydrogeologischen Sachverhalte zusammengetragen, untersucht und dargestellt. Darüber hinaus wurden vorhandene Nutzungen und Schutzgebiete zusammengestellt. Anschließend wurde der Bestand hinsichtlich möglicher Auswirkungen untersucht. Grundlage dieser Arbeiten war ein vom Auftraggeber vorgelegtes Leistungsbild. Die Abgrenzung des Untersuchungsraumes erfolgte durch den UVS-Fachgutachter und wurde durch das Unterrichtungsschreiben des RP Darmstadt ergänzt.

Der Flughafen Frankfurt/Main und dessen Umfeld liegt überwiegend in einer Teilstruktur des nördlichen Oberrheingrabens, der „Kelsterbacher Tiefscholle“ sowie untergeordnet des „Kelsterbacher Grabens“. Hier sind mächtige überwiegend sandig-kiesige Sedimente mit einer Mächtigkeit von ca. 150 bis 200 m abgelagert. Schluffig-tonige Zwischenlagen sind häufig kleinräumig eingeschaltet.

Im Süden schließt, von einer Störung begrenzt, der „Walldorfer Horst“ an, wo geringdurchlässige miozäne Sedimente die ca. 30 bis 40 m mächtigen pleistozänen Sedimente unterlagern.

Grundwasser zirkuliert in den Poren der pleistozänen und pliozänen Schichten. In der „Kelsterbacher Tiefscholle“ und im betrachteten Anteil des „Hattersheimer Grabens“ ist großräumig keine durchgehende Trennung zwischen pleistozänen und pliozänen Schichten entwickelt, so dass sich hier ein rund 60 bis 180 m mächtiger Aquifer entwickelt hat. Lokal ist der Leiter differenziert in einen pleistozänen und pliozänen Anteil. Im Süden des Flughafens ist der pleistozäne Anteil in verschiedene Leiter differenziert, deren hydraulisches Zusammenwirken unklar ist. Im Bereich der Startbahn West existiert ein oberflächennaher schwebender Grundwasserleiter.

Die generelle Fließrichtung verläuft vorwiegend von Ostsüdost nach Westnordwest und biegt im Südwesten des Flughafens nach Südwesten um. Infolge intensiver anthropogener Beeinflussungen hat sich insbesondere im Westen des Untersuchungsgebietes die Grundwasserfließrichtung stark verändert; beispielsweise sind Entnahmetrichter ausgebildet.

Die Grundwasserfließgeschwindigkeit liegt bei ca. 0,5-1 m pro Tag.

Als Deckschichten fungieren Kiese und Sande der ungesättigten Zone. Lokal sind Schluff- und Tonhorizonte eingeschaltet. Oberflächennah stehen teilweise Flugsande und Decksedimente an. Aus diesen haben sich Braunerden, Parabraunerden und an grundwasserbeeinflussten Standorten Übergänge zum Gley entwickelt.

In einem Großteil des Untersuchungsgebietes liegen die Grundwasserflurabstände zwischen 5 und 15 m (im Bereich von Absenkungstrichtern auch mehr), wobei sie kontinuierlich von Süden nach Norden bis zur genannten Geländekante zunehmen. Nördlich davon sowie im Süden des Untersuchungsraumes gehen die Flurabstände bis auf nahe Null zurück. Im mittleren Abschnitt der Startbahn West ist ein oberflächennaher Grundwasserleiter (Flurabstände ca. 1 bis 3 m) ausgebildet.

Die maximalen jährlichen Schwankungsbreiten zwischen dem Höchst- und dem Niedrigstand der Grundwasserstände liegen in der jüngeren Vergangenheit bei 1-2 m.

Für die Kelsterbacher Tiefscholle erbrachte die Pumpversuchsauswertung eine Durchlässigkeit (k-Wert) in einer Bandbreite von 3 bis $6,3 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Die Mineralisation des Grundwassers ist meist gering. Grundwasserverunreinigungen durch Nitrat, LCKW, Arsen bzw. Nitroaromaten sowie kleinere Kohlenwasserstoffschäden insbesondere im Süden des Flughafenareals und im Westen des Untersuchungsgebietes sind identifiziert. Der Nitrat- und der LCKW-Schaden sowie ein Kohlenwasserstoff-Schaden befinden sich in der Sanierung.

Die Grundwasserneubildung hängt von vielfältigen Faktoren, insbesondere der Höhe der Niederschläge ab. Sie verändert sich jedoch auch mit der Nutzungsart und im Fall der baulichen Veränderung der Böden. Unter Zugrundelegung einer Auswertung von Literaturdaten wird ein deutlicher Anstieg der Grundwasserneubildung abgeschätzt.

Die Abschätzung der potenziellen Grundwassergefährdung bezieht sich auf Mächtigkeit und bezieht die Ausbildung der Deckschichten hinsichtlich Wasserdurchlässigkeit sowie Nitrat- und Schwermetallrückhaltevermögen der Böden mit ein. Darüber hinaus wird durch das Institut Fresenius die Nähe zu Grundwassernutzungen und das zu erwartende Stoffspektrum und der Abstand zu unterstromigen Grundwassernutzungen bewertet.

Hinsichtlich der Nutzungsaspekte wird aufgezeigt, dass das vorhandene Gewässernetz sehr weitmaschig ist. Abgesehen vom Main existiert im Norden bzw. dem zentralen Untersuchungsgebiet nur der Hengstbach bzw. Grundbach, der bei Niedrigwasser praktisch komplett durch Kläranlagenabflüsse gespeist wird. Im Süden schließt sich die Landschaft des Mönchbruches an, die von Entwässerungsgräben durchzogen ist. Seen gibt es nur dort, wo durch Sand-/Kiesgewinnung das Grundwasser freigelegt wurde. Amphibienteiche sind insbesondere im Bereich geringer Flurabstände nördlich des Mönchbruches angelegt worden. Überschwemmungsgebiete existieren am Mainufer und im Mönchbruch.

Da die Kelsterbacher Tiefscholle mit dem Flughafenbereich zu den ergiebigsten Grundwasserlandschaften der Bundesrepublik Deutschland gehört, existieren dort eine hohe Anzahl von Grundwasserentnahmen zu Trinkwassergewinnungs- und Industriezwecken. Daneben werden hydraulische Sanierungen betrieben. Mengenmäßig am bedeutendsten sind die Trinkwasserentnahmen der Pumpwerke Schwanheim, Goldstein und Oberforsthaus der Mainova AG. Weitere Trinkwasserentnahmen bestehen bei Hattersheim, in Zeppelinheim und in Walldorf

sowie auf dem Gelände des Flughafens. Entnahmen zu industriellen Zwecken betreiben die Firmen InfraServ (auch Trinkwasser), Ticona und bis 1999 Enka.

Wasserschutzgebiete bestehen zu den Entnahmen der Mainova AG in Hattersheim und im Frankfurter Stadtwald, in Walldorf und in Zeppelinheim sowie im Mönchbruch zu Entnahmen der Stadtwerke Mainz AG.

Aufgrund der Tatsache, dass das Stoffpotential im Prognosenullfall bzw. bei den Planungsfällen (2015) nicht ungünstiger sein wird als in der Ist-Situation (2000), werden generell keine Auswirkungen durch das flugbetriebsspezifische Stoffpotential für den Bereich der variantenunabhängigen Fläche und für die Landebahnen erwartet. Allerdings gibt es Bewertungsnuancen durch das erweiterte Stoffpotential einer Startbahn. Hier besteht die Möglichkeit potenzieller Kraftstoffüberläufe sowie den potenziellen Abtropfverlust von Flugzeugenteisungsmitteln und wird daher mit einem Zuschlag in der stoffbezogenen Bewertung versehen. Dies ist nur für die versiegelten Teilbereiche der variantenunabhängigen Fläche und für die auch als Startbahn vorgesehene Variante Süd von Belang und wird in den diesbezüglichen Teilgutachten betrachtet.

Durch die Rodung größerer Waldareale ist eine Mobilisierung von Nitrat mit dem Sickerwasser in das Grundwasser wahrscheinlich. Der Effekt kann technisch minimiert werden und ist zeitlich eng begrenzt.

Eine Beurteilung der Barrierewirkung von Tunnelbauten ist lage- und tiefenspezifisch und wird in den einzelnen Variantengutachten abgeschätzt.

Die zur Sicherstellung des Flugbetriebs verwendeten, potenziell gewässergütebeeinflussende Stoffe (Kraftstoffe, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Bewegungsflächenenteiser, Feuerlöschmittel) werden auf der Basis bestehender Konzepte minimiert.

Die angesprochenen potenziellen Gefährdungen durch die Baumassnahmen können durch die Verwendung geeigneter Verfahren (Herstellung von wasserdichten Trogbaugruben) vermieden werden.

Im laufenden Betrieb ist die Grundwassergüteüberwachung innerhalb eines Monitoring-Systems im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser ein effektives Instrumentarium. Da bereits in der Ist-Situation 2000 im bestehenden Bereich des Flughafens Frankfurt ein Monitoringprogramm mit einem ausreichend dichten Messnetz existiert, ist bei allen Planungsfällen lediglich eine Systemergänzung notwendig.

Insgesamt kommen bei den einzelnen Varianten verschiedene Szenarien der Entwässerung in Frage. Die zur Ableitung von unbelastetem Niederschlagswasser im Südosten des bestehenden Flughafenareals vorhandene Versickerungsanlage ist entsprechend den kapazitiven Anforderungen auszubauen bzw. um eine weitere Anlage zu ergänzen.

Die im Rahmen der bestehenden Genehmigungen zulässigen Einleitmengen in den Gundbach werden nach dem derzeitigen Kenntnisstand als ausreichend erachtet.

Im Winterbetrieb kann es notwendig werden, mit Enteisungsmitteln belastetes Oberflächenwasser separat zu fassen, in verträglicher Dosierung in eine Kläranlage zu leiten und zusammen mit dem Schmutzwasser aufzubereiten.

Eine Intensivierung der Versauerung des Bodens ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse im Analogieschluss nicht zu erwarten.

Institut Fresenius

Chemische und Biologische Laboratorien GmbH

Geschäftsbereich Fresenius Umwelt Consult

Dipl.-Geol. Claus-Peter Große

Dipl.-Ing. (FH) W. Langer

Dipl.-Geol. Claudia Selle

7 Verwendete Unterlagen

7.1 Literaturverzeichnis

- /1/ **Arbeitsgemeinschaft Baader/ Bosch (2001):** Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)
- /2/ **Brechtel, H. M. (1973):** Ein methodischer Beitrag zur Quantifizierung des Einflusses von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen auf die Grundwasserneubildung in der Rhein-Main-Ebene. Z. dt. geol. Ges., 124, S. 593-605.
- /3/ **Brechtel, H. m & v. Hoyningen-Huene, J. (1979):** Einfluss der Verdunstung verschiedener Vegetationsdecken auf den Gebietswasserhaushalt. Schr.-R. dr. Verb. Wasserwirtschaft u. Kulturbau, 40, S. 172-233.
- /4/ **Cooperative Infrastruktur und Umwelt (1999):** Auswirkungen der Ausbaumaßnahme auf das Wasser. Stellungnahme im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt. Darmstadt, 22.09.1999.
- /5/ **Deutsche Lufthansa Technik AG (DLH Technik) (2000):** Informationen der Lufthansa Technik AG, Hamburg vom 18.07. und 29.08.2000.
- /6/ **Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) (Hrsg.) (1999):** Grundwassergefährdung durch Baumaßnahmen. DVWK-Materialien 3/1999.
- /7/ **Ellenberg, H., Mayer, R., Schaueremann, J. (1986):** Ökosystemforschung; Ergebnisse des Sollingprojektes 1966-1986.
- /8/ **Flughafen Frankfurt/Main AG (FAG-APF) (2000a):** Schriftliche Auskunft der FAG Juli/August 2000
- /9/ **Flughafen Frankfurt/Main AG (FAG-GTS) (2000b):** Schriftliche Auskunft FAG-GTS Juli 2000
- /10/ **Fraport AG (2001):** ROV-Unterlagen, Band B: Vorhabensbeschreibung –Entwurf-
- /11/ **Fraport AG (PSL-A) (ohne Jahr):** Archiv der Grundwassergüteüberwachung
- /12/ **Forstamt Mörfelden-Walldorf (2000):** Schriftliche Auskunft des Forstamtes Mörfelden-Walldorf August 2000

- /13/ **Haertlé, T. und Josopait, V. (1982):** Methodik und Arbeitsweise zur Anfertigung von Karten über die natürlichen Grundwasserschutzbedingungen. In: Institut für Stadtbauwesen der TU Braunschweig (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen 34, Anthropogene Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit in Niedersachsen, S. 91-110.
- /14/ **Hauschulz, J. (1959):** Gewässerkundliches Kartenwerk Hessen, Wiesbaden.
- /15/ **Hessische Forstliche Versuchsanstalt (1993):** Forstlich-ökologisches Beweissicherungsverfahren im Raum der Startbahn West des Frankfurter Flughafens; Maßnahmen gemäß Bescheid des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik vom 31.03.1982. Untersuchungsprogramm innerhalb des Wasserrechtsverfahrens.
- /16/ **Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2001):** Erste Auswertungen von der Boden-Dauerbeobachtungsfläche des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie am Flughafen Frankfurt/ Main
- /17/ **Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2000):** Schriftliche Mitteilung der Hessischen Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden im Juli 2000.
- /18/ **Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU) (1999):** Potenzielle Grundwassergefährdung durch Versauerung im Hessischen Ried. eine GIS-Modellierung zur Ermittlung von Gefährdungspotentialen
- /19/ **Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU) (1999):** Umweltatlas Hessen. Wiesbaden.
- /20/ **Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU) (Hrsg.) (1997):** Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Hessen – Begleitbroschüre zur gleichnamigen Übersichtskarte. Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 219/97, Wiesbaden.
- /21/ **Hessisches Landesamt für Bodenforschung (HLfB) (1997):** Gutachten über das hydrogeologische Beweissicherungsprogramm im Gebiet der Startbahn West am Flughafen Frankfurt Main.

- /22/ **Hessisches Landesamt für Bodenforschung (HLfB) (1986):** Hydrogeologisches Gutachten über den Einfluss von Start- und Landbahnabfluss auf die Beschaffenheit des Grundwassers im Gebiet des Flughafens Frankfurt Main. Im Auftrag der Flughafen Frankfurt Main AG, Bestell-Nr. 028592.
- /23/ **Höltling, B. et al. (1995):** Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. In: Geol Jb., C 63: 5-24; Hannover.
- /24/ **Höltling, B. (1984):** Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 2. Auflage, Enke-Verlag, Stuttgart.
- /25/ **igi Niedermeyer Institute Untersuchen Beraten Planen GmbH (2000a):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main. Unterlagen zur Abstimmung des vorläufigen Untersuchungsrahmens für UVS (Teil A) und FFH-Verträglichkeitsuntersuchungen (Teil B). Westheim.
- /26/ **igi Niedermeyer Institute Untersuchen Beraten Planen GmbH (2000b):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main. Unterlagen zur Abstimmung des vorläufigen Untersuchungsrahmens für UVS (Teil A) und FFH-Verträglichkeitsuntersuchungen (Teil B). Ergänzende Erläuterungen. Westheim.
- /27/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 a):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 15.4: Hydrologie und Hydrogeologie, Variante Süd, Taunusstein.
- /28/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 b):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 15.2: Hydrologie und Hydrogeologie, Variantenunabhängige Fläche und Nord-Süd-Tunnel, Taunusstein.
- /29/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 c):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 15.5: Hydrologie und Hydrogeologie, Variante Nordost, Taunusstein.
- /30/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 d):** Flughafen- ausbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 15.3: Hydrologie und Hydrogeologie, Vorzugsvariante Nordwest, Taunusstein.

- /31/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 e):** Flughafenbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 11.3: Dokumentation und Bewertung von Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, sonstigen schädlichen Bodenverunreinigungen und Grundwasserschadensfällen, Variante Süd, Taunusstein.
- /32/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 f):** Flughafenbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 11.4: Dokumentation und Bewertung von Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, sonstigen schädlichen Bodenverunreinigungen und Grundwasserschadensfällen, Variante Nordost, Taunusstein.
- /33/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 g):** Flughafenbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 11.2: Dokumentation und Bewertung von Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, sonstigen schädlichen Bodenverunreinigungen und Grundwasserschadensfällen, Altlasten, Vorzugsvariante Nordwest, Taunusstein.
- /34/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 h):** Flughafenbau Frankfurt/Main Fachgutachten G 11.1: Dokumentation und Bewertung von Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, sonstigen schädlichen Bodenverunreinigungen und Grundwasserschadensfällen, Altlasten, Variantenunabhängige Flächen und Nord-Süd-Tunnel, Taunusstein.
- /35/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (2001 i):** Grundwasseruntersuchungen im Bereich des Cargo Center 2. 25.04.2000
- /36/ **Institut Fresenius (IF) Chemische und Biologische Laboratorien GmbH (1994):** Risikoabschätzung für die US-Air-Base Rhein Main.
- /37/ **Institut Fresenius Chemische und Biologische Laboratorien (1999/2000):** Grundwassergüte- und Abwasserüberwachung auf dem Flughafen Frankfurt Main. Jahresbericht 1999/2000.
- /38/ **Institut für angewandte Ökologie (Öko-Institut e.V.) (Hrsg.) (2000):** Mediation Flughafen Frankfurt, Ergebnisse zu Ö 13: Auswirkungen im Bereich Luftschadstoffe, Beschluss der Mediationsgruppe am 14.01.2000.
- /39/ **IVU Umwelt (2001):** Zusammenfassung der Luftschadstoffkennwerte aus drei zeitaufgelösten Luftschadstoffberechnungen. Endbericht für die Fraport AG.
- /40/ **Mainova AG (2000):** Schriftliche Mitteilung der Mainova AG vom 27.07.00.

- /41/ **Neumann, K. & Wolff, K. (1997):** Vermeidung von Vegetationsschäden bei Grundwasserentnahmen – Bauen im Grundwasser, 25. Seminar der FGU Berlin, 26.-27.02.1997. S 3 – 19.
- /42/ **Regierungspräsidium Darmstadt (RP Darmstadt) (2001):** Raumordnungsverfahren nach dem Hessischen Landesplanungsgesetz (HPLG) und dem Raumordnungsgesetz (ROG), hier: Ausbau des Flughafens Frankfurt. Scopingtermin vom 02. bis 04. November 2000 („Unterrichtungsschreiben“).
- /43/ **Regierungspräsidium Darmstadt (RP Darmstadt-StUA Darmstadt) (2000):** Schriftliche Mitteilung des RP, Da, Abteilung StUA Darmstadt vom 20.07.2000.
- /44/ **Regierungspräsidium Darmstadt (RP Darmstadt) (Hrsg.) (1999):** Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried. Textteil und Anlagen Teil A: Grundlagen und Begründung, Teil B: Grundwassermodell, Teil C: Fachbeiträge. Darmstadt.
- /45/ **Regierungspräsidium Darmstadt (RP Darmstadt-StUA Hanau) (2000):** Schriftliche Mitteilung des RP, Da, Abteilung StUA Hanau vom 31.07.2000.
- /46/ **Richter, W. und Lillich, W.:** Abriss der Hydrogeologie. Stuttgart 1975
- /47/ **Rieke, F. (1981):** Wurzeluntersuchungen an Bäumen in Berliner Parken und Wäldern. In: Berliner Naturschutzblätter 636 –643, 663 – 670, 703 – 705, Berlin.
- /48/ **Rothe, A; Kölling, Chr.; Moritz, K. (1998):** Waldbewirtschaftung und Grundwasserschutz. In: Allgemeine Forstzeitung, Der Wald, Heft 6, S. 291 – 295.
- /49/ **TGU GmbH (2000):** Schreiben der Firma TGU an die RWE-DEA vom 6.September 2000
- /50/ **Verband der Chemischen Industrie (VCI) (1990):** Umweltbereich Wasser, Band 13, Frankfurt.

7.2 Kartenverzeichnis

Flächenschutzkarte Hessen M. 1:50.000, L 5916 Frankfurt/Main/West, Hessisches Landesamt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie Gießen, Ausgabe 1997.

Flächenschutzkarte Hessen M. 1:50.000, L 6116 Darmstadt, Hessisches Landesamt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie Gießen, Ausgabe 1999.

Geologische Karte des Großherzogtums Hessen M. 1:25.000, Blatt Mörfelden, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1891.

Geologische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 5916 Hochheim a. Main, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1969.

Geologische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 5917 Kelsterbach, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1980.

Geologische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 6016 Groß-Gerau, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1974.

Geologische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 6017 Mörfelden, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1994.

Hydrogeologischen Kartenwerk Hessen M. 1:300.000, (Geologische Abhandlungen Hessen, Bd. 95), Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Wiesbaden 1991.

Sonderkarte Grundwassergefährdung durch Nitratauswaschung aus dem durchwurzelteten Boden M. 1:50.000, 2 Blätter Nord- und Südteil ohne Erläuterung, Herausgeber: Hessische Landesanstalt für Bodenforschung, Ausgabe 1992

Topographische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 5916 Hochheim a. Main, Herausgeber: Hessisches Landesvermessungsamt, Ausgabe 1995.

Topographische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 5917 Kelsterbach, Herausgeber: Hessisches Landesvermessungsamt, Ausgabe 1996.

Topographische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 6016 Groß-Gerau, Herausgeber: Hessisches Landesvermessungsamt, Ausgabe 1997.

Topographische Karte von Hessen M. 1:25.000, Blatt Nr. 6017 Mörfelden, Herausgeber: Hessisches Landesvermessungsamt, Ausgabe 1996.

8 Anhänge

8.1 Anhang 1: Kartografische Darstellung der Pliozän- und Pleistozän-Mächtigkeiten

8.2 Anhang 2: Kartografische Darstellung der Grundwassergleichen und des Grundwasserflurabstandes (2 Blätter: hoher Grundwasserstand April 1988 und niedriger Grundwasserstand Oktober 1993)

8.3 Anhang 3: Kartografische Darstellung relevanter Grundwasserschäden und der Grundwassersanierungen

**8.4 Anhang 4: Kartografische Darstellung der Oberflächengewässer, Wasser-
schutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Grundwassernutzungen**