

Forschungsgelände Süd Siemens AG

Bewertung der
Grundwassersituation

Stand: Oktober 2011

Erstellt: Mai 2014

Erstellt im Auftrag der:

Siemens AG
Siemens Real Estate
Werner-von-Siemens-Str. 34
91052 Erlangen

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung und Aufgabenstellung	7
2. Datengrundlage	7
3. Hydrologische Situation	7
4. Geologische/Hydrogeologische Situation	8
4.1 Geologie	8
4.2 Hydrogeologie	8
4.2.1 Grundwasserfließrichtung	8
4.2.2 Hydraulische Parameter	8
5. Grundwassererfassung	9
6. Auswertung der vorhandenen Pegelmessungen	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Hochwasser	13
6.1.1 Erfassung 2003	13
6.1.2 Erfassung 2011	14
6.3 Mittelwasser	15
6.4 Niedrigwasser	17
7. Auswirkungen der unterschiedlichen Abflussregime	18
7.1 Mittelwasserregime	19
7.2 Niedrigwasserregime	22
7.3 Hochwasserregime	23
7.4 Gesamtdarstellung	25
8. Zusammenfassung und Ausblick	26

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Lagepläne

Anlage 1.1: Übersichtslageplan

Anlage 1.2: Lageplan des Forschungsgeländes Süd mit Lage der Grundwassermessstellen und Bezeichnung der Gebäude, 1 : 3.000

Anlage 1.3: Begehbare Kanäle

Anlage 1.4: Kanäle, Wasserhaltung

Anlage 1.5: Niveau der tiefsten Gebäudesohlenoberkante

Anlage 1.5.1: Plandarstellung

Anlage 1.5.2: Datengrundlage

Anlage 1.6: Unterkellerte Gebäude

Anlage 1.7: Korrelation Feuchtigkeitsproblematik / Unterkellerung

Anlage 2: Geologische Karte, Maßstab 1 : 50 000

Anlage 3: Bohrprofile und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen

Anlage 4: Pumpversuchsauswertung P 12

Anlage 5: Ganglinien der einzelnen Grundwassermessstellen

Anlage 5.1: Wasserstand aller Grundwassermessstellen P1 – 12, 1998 - 2010

Anlage 5.2: Datengrundlage Grundwasserstandsmessungen 1998 – 2011

Anlage 5.3: Datengrundlage Niederschlagsmessungen 1998 - 2011

Anlage 6: Grundwassergleichenpläne

Anlage 6.1: Hochwasser

Anlage 6.1.1: Hochwassersituation Januar 2003

Anlage 6.1.2: Hochwasser Januar 2011

Anlage 6.1.3: Vergleich Hochwasser Januar 2003 – Januar 2011

Anlage 6.2: Mittelwasser

Anlage 6.2.1: Mittelwassersituation April 2004

Anlage 6.2.2: Mittelwassersituation April 2011

Anlage 6.2.3: Vergleich Mittelwasser April 2004 – April 2011

Anlage 6.3: Niedrigwasser

Anlage 6.3.1: Niedrigwassersituation Februar 2006

Anlage 6.3.2: Niedrigwassersituation Februar 2006 mit Interpolation Grundwassermessstelle P1

Anlage 6.3.3: Niedrigwasser Februar 2006, Vergleich mit dem interpolierten P1-Wert

Anlage 6.4: Entwicklung des Grundwasserabflusses, Niedrigwasser - Mittelwasser - Hochwasser

Anlage 6.5: Grundwasserstand in den Grundwassermessstellen der unterschiedlichen Abflussregime

Anlage 6.6: Abweichung der Abflussregimedarstellungen von den Maximalwerten, rechnerischen Mittelwerten und den Minimalwerten

Anlage 7: Auswirkung des Grundwasserstandes auf die Bebauung

Anlage 7.1: Hochwasser

Anlage 7.1.1: Feuchte gefährdete Gebäude, HQ Januar 2003

Anlage 7.1.2: Feuchte gefährdete Gebäude, HQ Januar 2011

Anlage 7.1.3: Vergleich Feuchte gefährdete Gebäude, HQ Januar 2003 und Januar 2011

Anlage 7.2: Mittelwasser

Anlage 7.2.1: Feuchte gefährdete Gebäude, MQ April 2004

Anlage 7.2.2: Feuchte gefährdete Gebäude, MQ April 2011

Anlage 7.2.3: Vergleich Feuchte gefährdete Gebäude, MQ April 2004 und April 2011

Anlage 7.3: Niedrigwasser

Anlage 7.3.1: Feuchte gefährdete Gebäude, NQ Februar 2006

Anlage 7.3.2: Feuchte gefährdete Gebäude, NQ Februar 2006 mit Interpolation Pegel 1

Anlage 7.3.3: Vergleich Feuchte gefährdete Gebäude, NQ Februar 2006 und Februar 2006 mit Interpolation Pegel 1

Anlage 7.4: Entwicklung des Grundwasserabflusses mit Darstellung der Feuchte gefährdeten Gebäude, NQ-MQ-HQ

Anlage 7.5: Verlauf des hydrologischen Jahres August 2010 bis August 2011

Anlage 7.5.1: Jahreslauf August 2010 – August 2011

Anlage 7.5.2: Ganglinie GWM P10 und P11, August 2010 – August 2011

Anlage 8: Tiefste Gebäudesohlenoberkante in Bezug zu den unterschiedlichen Abflussregimen

Anlage 8.1: Bau 10 - 35

Anlage 8.2: Bau 36 - 56

Anlage 8.3: Bau 58 – 81A

Anlage 8.4: Bau 24, 25, 69 und KFB

Anlage 8.5: Datenbasis zu den Anlagen 8.1 bis 8.4

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Jahresniederschlagssummen 1998 – 2011	8
Tabelle 2:	Lage und Höheneinmessung der Grundwassermessstellen, Forschungsgelände Süd	10
Tabelle 3:	Wichtige Grundwassermessstellen aus dem Bestand, Forschungsgelände Süd	11
Tabelle 4:	Schwankungsbreiten der Grundwasserstände in den einzelnen Grundwassermessstellen	12
Tabelle 5:	Abweichung der Hochwasserregimedarstellung von den Maximalwerten	13
Tabelle 6:	Abweichung der Hochwasserregimedarstellung von den Maximalwerten	14
Tabelle 7:	Vergleich Hochwasser Januar 2003, Januar 2011	15
Tabelle 8:	Abweichung der Mittelwasserregimedarstellung von dem rechnerischen Durchschnitt	16
Tabelle 9:	Vergleich Mittelwasser April 2004 mit den gemessenen Maximalwasserständen [m] u. MP	16
Tabelle 10:	Abweichung der Niedrigwasserregimedarstellung von den Minimalwerten	17
Tabelle 11:	Wasserstandsentwicklung und –differenz zwischen Hochwasser 2003, Mittelwasser 2004 und Niedrigwasser 2006	18
Tabelle 12:	Gebäudesohlen in Bezug zum mittleren Grundwasserstand, April 2004	20
Tabelle 13:	Gebäudesohlen in Bezug zum mittleren Grundwasserstand, April 2011	21
Tabelle 14:	Gebäudesohlen in Bezug zum niedrigen Grundwasserstand, Feb. 2006	22
Tabelle 15:	Gebäudesohlen in Bezug zum Hochwasserstand Januar 2003	23
Tabelle 16:	Gebäudesohlen in Bezug zum Hochwasserstand Januar 2011	24

LITERATURVERZEICHNIS

- {1} Bayerisches Geologisches Landesamt (1966):**
Geologische Karte von Bayern mit Erläuterungen, 1 : 25.000, Blatt 6432;
Erlangen Süd
- {2} Bayerisches Geologisches Landesamt (1968):**
Geologische Karte von Bayern mit Erläuterungen, 1 : 25.000, Blatt 6332;
Erlangen Nord
- {3} Hydrogeologisches Institut Dr. Reiländer GmbH (2005):**
Bemessungswasserstand im Bereich des geplanten Neubaus Framatome im
Forschungsgelände Süd, Erlange der Siemens AG
- {4} Siemens AG (---):**
Firmeninterne Unterlagen

Forschungsgelände Süd, Siemens AG, Bewertung der Grundwassersituation

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Forschungsgelände Süd liegt am südlichen Rand von Erlangen und erstreckt sich über eine Fläche von ca. 60 ha, die sich mit einer Breite von ca. 600 m von Nordwesten nach Südosten über ca. 1000 m erstreckt.

Seit längerem sind innerhalb des Forschungsgeländes periodische Feuchteschäden an einzelnen Gebäuden bekannt. Um dem entgegen zu wirken, wurde in der Vergangenheit für einzelne Gebäude eine Wasserhaltung veranlasst. Die einzelnen Maßnahmen zur Trockenlegung wurden weitgehend separat für das jeweils betroffene Gebäude geplant und ausgeführt.

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist die Darstellung der Grundwassersituation im Bereich des Forschungsgeländes bei unterschiedlichen Abflusssituationen.

Zusätzlich werden die periodisch und temporär gefährdeten Areale in Abhängigkeit von dem jeweiligen Grundwasserregime dargestellt werden.

Mit dieser Situationsdarstellung ist eine erste Grundlage für Bebauungsplanungen und auch für ein gemeinsames Wasserhaltungskonzept gegeben.

Sämtliche Aussagen beziehen sich auf einen Datenbestand bis Oktober 2011.

2. Datengrundlage

Für die Beurteilung der Grundwasser- und Entwässerungssituation auf dem Forschungsgelände Süd wurden durch die Siemens AG folgende Datengrundlagen zur Verfügung gestellt:

1. Pegelmessungen der Jahre 1998 – 2011 (siehe Anlage 5.2)
2. Bebauungsplan des Forschungsgeländes (siehe Anlage 1.2)
3. Entwässerungs- und Drainageplan des Forschungsgeländes (siehe Anlage 1.4)
4. Einmessungen der Oberkanten der Gebäudekellersohlen auf [m] ü. Normalnull (siehe Anlage 1.5)
5. Einmessungen der bestehenden Pegel auf [m] ü. Normalnull

Zusätzlich liegen Begutachtungen einzelner vorangegangener Frageaspekte aus dem Jahr 2005 des Hydrogeologischen Instituts Dr. Reiländer GmbH {3} vor, deren Ergebnisse teilweise zitiert bzw. in das vorliegende Gutachten eingearbeitet wurden.

3. Hydrologische Situation

Bereits in {3} wurden zur Korrelation mit den Pegelwasserständen die Niederschlagsmengen für den Raum Erlangen herangezogen. Diese Messreihe wird in diesem Gutachten bis zum Jahr 2011 ergänzt.

Nach Auskunft des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurde im Jahr 2006 die Messstelle von Erlangen nach Möhrendorf-Kleinseebach verlegt.

In folgender Tabelle 1 sind die Jahressummen der Niederschläge für den Raum Erlangen von 1998 bis 2011 zusammengefasst.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Niederschlagssumme [mm/Jahr]	709,8	662,7	659,9	775,8	842,1	469,5	634,9	641,7	613,2
	2007	2008	2009	2010	2011				
Niederschlagssumme [mm/Jahr]	857,7	691,2	694,6	835,4					

Tabelle 1: Jahresniederschlagssummen 1998 – 2011

Als mittlere Niederschlagssumme über die betrachtete Zeitspanne ist für den Raum Erlangen ein Niederschlag von 684 mm/Jahr anzusetzen.

Deutlich über dem Durchschnitt liegen die Jahre 2002 und 2010. Deutlich unter dem Durchschnitt das allgemein als Trockenjahr bekannte Jahr 2003.

Im langjährigen Mittel sind nach {1} und {2} im Raum Erlangen Niederschlagssummen von ca. 658 - 700 mm/Jahr anzusetzen.

4. Geologische/Hydrogeologische Situation

4.1 Geologie

Das Forschungsgelände liegt in einem Bereich, dessen Untergrund von Sandsteinen und Tonsteinen des Keupers aufgebaut ist. Die Sedimente des Unteren Burgsandsteins sind durch gering mächtige quartäre, sandig-tonige Ablagerungen überdeckt. Der Untere Burgsandstein wird durch einen Basisletten zu den in der Tiefe folgen Sandsteinen und Tonsteinen des Coburger Sandsteins und des Blasensandsteins abgegrenzt.

Die Gebäude innerhalb des Forschungsgeländes Süd der Siemens AG gründen in den quartären Ablagerungen und in den Schichten des Unteren Burgsandsteins (siehe Anlage 2).

4.2 Hydrogeologie

Die Grundwasserbewegungen erfolgen innerhalb des Keupersandsteins in Klüften und innerhalb des Quartärs in den Porenhohlräumen.

Nach den vorliegenden Messdaten und Bohrprofilen ist eine Stockwerkstrennung zwischen Quartär und Unterem Burgsandstein nicht gegeben. Die an der Erdoberfläche anstehenden tonigen Lehrbergschichten bilden den Grundwasserstauer für das Grundwasser im Blasensandstein, Coburger Sandstein und im Unteren Burgsandstein.

4.2.1 Grundwasserfließrichtung

Hauptvorflut ist die im Westen fließende Regnitz. Die Gebietsentwässerung erfolgt von Südosten auf die Hauptvorflut zu, wodurch sich eine Grundwasserfließrichtung von Südosten nach Nordwesten ergibt.

4.2.2 Hydraulische Parameter

Am 05.07.2010 wurde an der neu errichteten Grundwassermessstelle P12 (siehe Anlage 1.2) ein 8-stündiger Pumpversuch mit ca. 16-stündiger Wiederanstiegsmessung durchgeführt (siehe Anlage 4).

Die Messstelle wurde bis in eine Tiefe von 16 m errichtet und erschließt die Grundwasser führenden Schichten im Coburger Sandstein.

Der Pumpversuch wurde zweistufig mit Förderraten von 1,0 und 2,0 l/s durchgeführt.

Dabei senkte sich der Ruhewasserspiegel ausgehend von 0,98 m u. MP auf 1,33 m u. MP bzw. 2,04 m u. MP ab.

Die Auswertung des Wiederanstieges ergab bei einer angesetzten wassererfüllten Aquifermächtigkeit von 10,3 m eine Transmissivität T von

$$T = 2,04 \times 10^{-3} \quad \text{m}^2/\text{s}$$

und einen Durchlässigkeitsbeiwert k_f von

$$k_f = 1,98 \times 10^{-4} \quad \text{m/s.}$$

5. Grundwassererfassung

Die Grundwassererfassung auf dem Forschungsgelände Süd der Siemens AG erfolgt über einzelne Grundwassermessstellen (GWM), deren Lage in Anlage 1.2 dargestellt ist.

Die tabellarische Datenerfassung in Anlage 5.2 verzeichnet auf dem Forschungsgelände Süd die Grundwassermessstellen P1 - P9, die neuen Grundwassermessstellen P10 - P12 und Grundwassermessstellen im Bereich von Bau 10 mit der Bezeichnung P14 - P17.

Die Grundwassermessstellen P14 – P17, die sich nicht im Besitz der Siemens AG befinden und deren Einmessung fehlerhaft ist, werden weder im Lageplan dargestellt noch in den folgenden Auswertungen berücksichtigt.

Zusätzlich sind in Anlage 5.2 Grundwassermessstellen erfasst, die sich auf dem Gelände westlich des Forschungsgeländes befanden. Sie laufen unter den Bezeichnungen „Pegel Betriebe Süd“ P10 – P13. Auch diese Grundwassermessstellen bleiben in den vorliegenden Betrachtungen unberücksichtigt, da sie außerhalb des zu betrachtenden Areal liegen.

Für die Auswertungen werden die im Besitz der Siemens AG befindlichen Grundwassermessstellen P1 - P12 innerhalb des Forschungsgeländes Süd herangezogen (siehe Anlage 1.2).

Die Grundwassermessstellen P1 - P9 wurden zeitgleich im Jahr 1989 errichtet, während die Grundwassermessstellen P10 – P12 erst im Sommer 2010 abgeteuft wurden.

Im Zuge von Baumaßnahmen auf dem Forschungsgelände wurden zwischenzeitlich die Grundwassermessstellen P1, P4, P5 und P6 entfernt.

Abhängig von dem jeweiligen Ausbau erschließen die Grundwassermessstellen mit Bohrtiefen zwischen 5 und 16 m ausschließlich das Grundwasserstockwerk im Unteren Burgsandstein und Coburger Sandstein sowie teilweise zusätzlich das überlagernde Quartär.

In Anlage 3 sind die vorhandenen Bohr- und Ausbauprofile der Grundwassermessstellen zusammengefasst. Für die Messstellen P6, P7, P8 und P9 liegen keine Bohrprofile vor.

Eine Verfilterung im Quartär und Unterem Burgsandstein ist in den Grundwassermessstellen P2, P3, P4 und P5 gegeben.

Eine Verfilterung lediglich des Sandsteinkeupers erfolgt in den Grundwassermessstellen P1, P10, P11 und P12.

Pegelbezeichnung	Einmessung [m] ü. NN	Lage	Bohrtiefe/ Filterstrecke
P1	286,56	Parkplatz westlich Bau 11	6,7 4,0 – 6,7
P2	287,51	40 m nördl. Bau 18	5,3 3,0 – 5,3
P3	289,94	südöstlich Bau 72 nahe EVO	6,0 3,0 – 6,0
P4	290,43	70 m östlich Hubschrauberlandeplatz	5,0 2,0 – 5,0
P5	290,02	40 m südwestlich Ende Einsteinweg	5,0 2,0 – 5,0
P6	288,64	südlich Bau 45-3	–
P7	289,00	nördlich Bau 45	–
P8	288,42	westlich Bau 45-6	–
P9	287,88	südlich Bau 48	–
P10	289,37	östlich Bau 81	7,0 4,0 – 7,0
P11	285,79	nördlich Bau 24	8,0 4,0 – 7,0
P12	288,53	östlich Bau 57	16,0 4,0 – 15,0

Tabelle 2: Lage und Höheneinmessung der Grundwassermessstellen, Forschungsgelände Süd

Für die hydraulische Untersuchung des Grundwasserleiters wurde die Grundwassermessstelle P12 im Gegensatz zu den anderen Messstellen mit einem größeren Ausbau, DN 125, versehen, so dass ein Pumpversuch durchgeführt werden konnte. Die Pumpversuchsergebnisse sind in Anlage 4 dokumentiert und in Kapitel 4.2.2 ausgewertet.

In der Vergangenheit sind durch Baumaßnahmen auf dem Gelände der Siemens AG immer wieder einzelne Grundwassermessstellen aufgegeben worden.

Sollten auch zukünftig einzelne Grundwassermessstellen zur Disposition stehen, sollte darauf geachtet werden, dass die Möglichkeit eines Interpolationsfeldes über das Gelände der Siemens AG erhalten bleibt.

Hierzu werden mindestens 4 Grundwassermessstellen benötigt, die idealerweise das gesamte Areal zwischen sich aufspannen und bereits eine langfristige Datenreihe aufweisen.

Die wichtigsten Grundwassermessstellen aus dem Bestand sind:

• P2	• P9
• P10	• P11
• P12	

Tabelle 3: Wichtige Grundwassermessstellen aus dem Bestand, Forschungsgelände Süd

Die relativ neu errichteten Messstellen P10 und P12 werden beide zum Erhalt vorgeschlagen, da für das Interpolationsfeld die Grundwassermessstelle P10 günstiger liegt, die Messstelle P12 jedoch die Möglichkeit bietet über einen größeren Ausbau auch Grundwasserentnahmen zu tätigen.

Die Grundwassermessstelle P9 liegt für die Interpolation nicht ideal. Hier könnte eine Verlegung der Messstelle weiter nach Südwesten in den Randbereich des Forschungsgeländes angedacht werden. Eine Neuerrichtung hätte den Vorteil neben einer günstigeren Lage zur Interpolation die Möglichkeit zu bieten auch hier über einen größeren Ausbaudurchmesser (5 Zoll) hydraulische Informationen über einen Pumpversuch erheben zu können.

Sollte eine Neuerrichtung in Erwägung gezogen werden, wäre es günstig über einen Zeitraum von ca. 1 Jahr sowohl die derzeit bestehende Grundwassermessstelle P9 als auch die dann neue Messstelle parallel zu beobachten.

Generell ist bei der Aufgabe von bestehenden Grundwassermessstellen darauf zu achten, dass ein ordnungsgemäßer Rückbau der Messstelle erforderlich ist.

6. Auswertung der vorhandenen Pegelmessungen

6.1 Allgemeines

In Anlage 5.2 sind sämtliche durch die Siemens AG zur Verfügung gestellten Grundwasserstandsmessungen tabellarisch für den Zeitraum von 1998 bis August 2011 aufgelistet.

Ausgehend von den Einmessungen der jeweiligen Grundwassermessstellen wurden die gemessenen Grundwasserflurabstände auf den vergleichbaren Bezugspunkt „Meter über Normalnull“ ([m] ü. NN) umgerechnet.

Die Länge der einzelnen Messreihen und damit die Anzahl der auswertbaren Messungen variiert für die einzelnen Messstellen stark.

Bei allen folgenden Auswertungen als auch bei allen Baumaßnahmen, die auf den vorliegenden Daten basieren, ist zu berücksichtigen, dass die Belastbarkeit der Aussagen direkt von der Dauer der Messreihen abhängig ist. Je kürzer die zur Verfügung stehende Datenreihe ist, desto ungenauer werden die abgeleiteten Aussagen.

In Anlage 5.1 sind die Ganglinien der einzelnen Grundwassermessstellen über den gesamten Messzeitraum graphisch dargestellt.

Die Ganglinien der einzelnen Messstellen verlaufen weitgehend parallel, wodurch die Erschließung desselben Grundwasserleiters und die Funktionstüchtigkeit der Messstellenausbauten bestätigt werden. Über den Jahreslauf zeigt sich in den Grundwassermessstellen die in unseren Breiten typische Entwicklung der Wasserstände mit Hochwasserphasen zumeist im Frühjahr und sinkenden Wasserständen zum Herbst. Vor allem in den ersten Beobachtungsjahren lässt sich dieser Verlauf sehr deutlich mit großen Schwankungsamplituden erkennen.

In den Jahren 2004 – 2006 sind die Schwankungsbreiten allgemein geringer, was u.a. auf die in der Summe geringeren Niederschläge in diesen drei Jahren zurück zu führen ist.

In den 1970er Jahren wurde im östlichen Bereich des Forschungsgeländes mit Wasserhaltungsmaßnahmen begonnen. Zum jetzigen Zeitpunkt wird an den Gebäuden Bau 72, 73, 74 und Bau 81 Wasserhaltung betrieben. Die Wasserhaltung ist derart gestaltet, dass ab einem definierten Bemessungswasserstand die jeweiligen Pumpen anspringen und den Grundwasserspiegel kleinräumig absenken. Dies führt zu einem Abfangen der Grundwasserspitzen bzw. zu einer Reduzierung der Schwankungsamplituden.

Der Anfang 2006 vor allem in der Grundwassermessstelle P2 beobachtete Grundwasseranstieg mit Beginn des Jahres 2006 kann vermutlich auf die Beendigung der Wasserhaltung während der Gebäudeerrichtung des Baus 10 zurückgeführt werden.

Zusätzlich stiegen die Niederschlagssummen im Jahr 2007 und in den Folgejahren im Vergleich zu der trockeneren Periode zwischen 2003 und 2006 wieder an, so dass auch dies zu einem allgemeinen Grundwasseranstieg beiträgt.

Seit August 2010 können die Wasserstände in den Grundwassermessstellen P10, P11 und P12 erfasst werden.

Das Interpolationsfeld ändert sich dadurch leicht.

Die Schwankungsbreiten der Grundwasserstände in den einzelnen Messstellen sind in Tabelle 3 zusammengefasst:

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Anzahl Messwerte seit Aug. 1998		84	176	110	40	50	149	150	150	150	13	13	13
max. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	HQ_{max}	3,04	1	1,69	2,42	2,43	2,90	3,21	2,39	3,30	2,46	3,26	2,12
rechnerisches Mittelwasser [m] u. GOK	MQ	3,56	2,93	2,90	3,21	3,21	3,63	4,06	3,60	3,99	2,90	3,58	2,59
min. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	NQ_{min}	4,03	4,48	3,45	4,16	3,95	4,12	4,6	4,41	4,47	3,05	3,69	2,78
Schwankungsbreite [m]	Δ	0,99	3,48	1,76	1,74	1,52	1,22	1,39	2,02	1,17	0,59	0,43	0,66

Tabelle 4: Schwankungsbreiten der Grundwasserstände in den einzelnen Grundwassermessstellen

In der Zeile „maximal gemessener Wasserstand“ ist der maximale, über den gesamten Erfassungszeitraum gemessene Wasserstand aufgeführt. Diese Maximalmessungen fallen nicht alle auf denselben Monat, so dass mit diesen Werten kein Abflussregime zu einem festen Zeitpunkt dargestellt ist. Ebenso verhält es sich mit den Minimalwerten der Pegelmessungen.

Das potentielle Mittelwasserregime wird rechnerisch über die Gesamtheit der jeweils vorliegenden Messwerte ermittelt.

Die Schwankungsbreite der Wasserspiegel im vorliegenden Beobachtungszeitraum 1998 – 2011 variiert stark und liegt zwischen 0,99 m (P1) und 3,48 m (P2). Die sehr geringe Schwankungsbreite vor allem von Pegel P1 ist vermutlich auf die starke Versiegelung und den massiven Gebäudekomplex im Anstrom als auch auf die ausschließliche Erfassung des Keupersandsteins zurückzuführen, wodurch die Reaktionen auf Niederschlagsereignisse stark gedämpft werden.

Ausgehend von den vorliegenden Messreihen wurden in Anlage 6 unterschiedliche Abflussregime dargestellt, die jeweils auf einer entsprechenden Stichtagsmessung basieren.

6.2 Hochwasser

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes zeichnen sich zwei deutliche Hochwasserereignisse ab. Das erste deutliche Hochwasser wurde im Januar 2003 gemessen, das zweite im Januar 2011. Beiden Hochwasserzeitpunkten ging ein Niederschlagsjahr voraus, das mit 842,1 mm/m² bzw. 835,4 mm/m² weit über dem Durchschnitt der letzten 13 Jahre von 684 mm/m² lag.

6.1.1 Erfassung 2003

Das erste erfasste Hochwasserregime auf dem Gelände der Siemens AG basiert auf den Messungen von Januar 2003. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Wasserstände in den Grundwassermessstellen P1 - P3 und P7 - P9 erfasst (siehe Anlage 6.1.1).

Ein Vergleich der Messwerte von Januar 2003 mit dem maximalen Wasserstand innerhalb des gesamten Datenerfassungszeitraums zeigt, dass die Grundwassermessstellen P2, P7 und P8 zu diesem Zeitpunkt noch unterhalb der Maximalwasserstände lagen.

		Differenz HQ _{max} zu HQ 2003											
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	QBS P10	QBS P11	QBS P12
max. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	HQ _{max}	3,04	1	1,69	2,42	2,43	2,90	3,21	2,39	3,30	2,46	3,26	2,12
	HW Januar 2003	3,04	1,65	1,69				3,43	3,06	3,30			
Schwankungsbreite [m]	Δ	0	-0,65	0				-0,22	-0,67	0			

Tabelle 5: Abweichung der Hochwasserregimedarstellung von den Maximalwerten

Innerhalb des Forschungsgeländes Süd zeichnet sich bei Hochwasser ein Grundwasserfließen ab, das nach Nordwesten auf die Regnitz gerichtet ist.

Die Spanne zwischen höchstem Grundwasserstand im Südosten und niedrigstem Grundwasserstand im Nordwesten liegt zwischen ca. 288,25 m ü. NN (P3 im SE) und 283,52 m ü. NN (P1 im NW). Dies entspricht einem Höhenunterschied des Grundwassers von 4,75 m. Bei einer Fließstrecke zwischen den Pegeln P3 und P1 von ca. 660 m entspricht dies einem durchschnittlichen Grundwassergefälle von ca. 0,7 %.

6.1.2 Erfassung 2011

Das in Anlage 6.1.2 dargestellte Hochwasserregime basiert auf den Messungen von Januar 2011. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Wasserstände in den Grundwassermessstellen P2 und P6 – P12 erfasst.

Ein Vergleich der Messwerte von Januar 2011 mit dem maximalen Wasserstand innerhalb des gesamten Datenerfassungszeitraums zeigt, dass die Messstellen P2 und P9 zu diesem Zeitpunkt noch unterhalb der Maximalwasserstände lagen. Der aus den interpolierten Grundwassergleichenplänen ausgelesene Wert des Wasserstandes von P1 liegt höher als die bekannten maximalen Messwerte der Grundwassermessstelle P1.

		Differenz HQ _{max} zu HQ 2011											
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	QBS P10	QBS P11	QBS P12
max. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	HQ _{max}	3,04	1	1,69	2,42	2,43	2,90	3,21	2,39	3,30	2,46	3,26	2,12
	HQ Januar 2011	2,9*	1,64				2,90	3,21	2,39	3,38	2,46	3,26	2,12
Schwankungsbreite [m]	Δ	-0,14	0,64				0	0	0	0,08	0	0	0

Tabelle 6: Abweichung der Hochwasserregimedarstellung von den Maximalwerten (*Wert aus dem Isohypsenplan Anlage 6.1.2 ausgelesen)

Auch 2011 zeichnet sich innerhalb des Forschungsgeländes Süd bei Hochwasser ein generelles Grundwasserfließen ab, das nach Nordwesten auf die Regnitz gerichtet ist.

Mit Ausnahme der Pegel P2 und P9 zeigen sämtliche, zugänglichen Pegel Maximalwasserstände seit Beginn der Beobachtungsreihen auf dem Forschungsgelände Süd.

Die Spanne zwischen höchstem Grundwasserstand im Südosten und niedrigstem Grundwasserstand im Nordwesten liegt zwischen ca. 286,91 m ü. NN (P10 im SE) und 282,53 m ü. NN (P11 im NW). Dies entspricht einem Höhenunterschied des Grundwassers von 4,38 m. Bei einer Fließstrecke zwischen den Pegeln P10 und P11 von ca. 760 m entspricht dies einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 0,5 %.

Der Vergleich zwischen den Hochwasserereignissen im Januar 2003 und Januar 2011 (siehe Anlage 6.1.3) zeigt neben der durchschnittlichen Gefällereduzierung deutlich zwei unterschiedliche Situationen des Grundwassergefälles innerhalb des Forschungsgeländes Süd entlang einer gedachten Linie zwischen P2 und P6. Südöstlich dieser Linie zeigt sich ein wesentlich geringeres Gefälle als im nordwestlichen Bereich. Diese Zweiteilung ist vermutlich auf die Wasserhaltung im Bereich der östlich gelegenen Gebäude Bau 56, 72, 73, 74, 81 und 81A zurückzuführen (siehe Anlage 1.2), wodurch im Umfeld der Pumpmaßnahmen das Grundwasser abgesenkt wird.

	P1	P2	P3	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
HQ Januar 2003	283,52	285,86	288,25	285,7*	285,57	285,36	284,58	287,70*		286,85*
HQ Januar 2011	284,1*	285,87		285,74	285,79	286,03	284,50	286,91	282,53	286,41
Δ HQ03-HQ11	0,58	0,01		0,04	0,22	0,67	-0,08	-0,79		-0,44

Tabelle 7: Vergleich Hochwasser Januar 2003, Januar 2011 (*Werte aus dem Isohypsenplan Anlage 6.1.2 bzw. 6.1.1 ausgelesen)

Besonders deutlich zeichnet sich die Grundwasserabsenkung im Bereich der Grundwassermessstelle P10 ab. Durch die Wasserhaltung wird der Hochwasserstand in diesem Bereich um 0,79 m abgesenkt. An der weiter westlich gelegenen Grundwassermessstelle P12 reduziert sich der Effekt der Wasserhaltung auf eine Absenkung um 0,44 m.

Auffällig ist ein punktueller Grundwasseranstieg im Bereich der Grundwassermessstellen P7 und P8 um 0,22 m bzw. 0,67 m. Dies ist vermutlich auf die teilweise Einleitung der östlichen Wasserhaltungsmaßnahme zurückzuführen.

Zusätzlich zeigt der Vergleich des Abflussverhaltens zwischen Januar 2003 und Januar 2011, dass der Grundwasserabfluss im nordwestlichen Bereich eine geringe Gefällereduzierung und eine leichte Drehung nach Nordnordwest vollzieht. In den Jahren zwischen den beiden Hochwasserereignissen wurde der ehemalige Bau 11 abgerissen und durch ein neues Gebäude ersetzt. Damit in der Regel einhergehende unterschiedliche Eingriffe in den Grundwasserkörper verändern kleinräumig das Abflussgeschehen. Änderungen wie z.B. der Beginn und das Ende der Wasserhaltung während der Baumaßnahme spiegeln sich in den Wasserständen in der Grundwassermessstelle P1 wider.

6.3 Mittelwasser

Das Mittelwasserregime wird durch die Messungen von April 2004 repräsentiert. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Wasserstände in den Grundwassermessstellen P1 - P3 und P6 – P9 erfasst (siehe Anlage 6.2.1).

Ein Vergleich der Messwerte von April 2004 mit dem rechnerisch ermittelten Mittelwasserstand über den gesamten Datenerfassungszeitraum zeigt, dass die Messergebnisse mit Ausnahme der Messstelle P3 insgesamt etwas über dem rechnerischen Mittel liegen. Der in Anlage 6.2.1 dargestellte mittlere Grundwasserstand der Stichtagsmessung ist somit etwas niedriger als das rechnerische Mittel.

		Differenz rechnerisches MQ zu MW 2004											
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	QBS P10	QBS P11	QBS P12
rechnerisches Mittelwasser [m] u. GOK	MQ	3,56	2,93	2,90	3,21	3,21	3,63	4,06	3,60	3,99	2,90	3,58	2,59
	MQ April 2004	3,62	3,02	2,88			3,72	4,19	3,87	4,14			
Schwankungsbreite [m]	Δ	-0,06	-0,09	0,02			-0,09	-0,13	-0,27	-0,15			

Tabelle 8: Abweichung der Mittelwasserregimedarstellung von dem rechnerischen Durchschnitt

Die Grundwasserfließrichtung während des Mittelwasserregimes bleibt unverändert nach Nordwesten ausgerichtet.

Die Spanne zwischen höchstem Grundwasserstand im Südosten und niedrigstem Grundwasserstand im Nordwesten liegt zwischen ca. 287,06 m ü. NN (P3 im SE) und 282,94 m ü. NN (P1 im NW). Dies entspricht einem Höhenunterschied des Grundwassers von 4,12 m. Bei einer Fließstrecke zwischen den Messstellen P3 und P1 von ca. 660 m entspricht dies einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 0,6 %.

Gegenüber den maximal gemessenen Grundwasserständen im Beobachtungszeitraum liegt die Grundwassermessstelle P3 im Südosten des Forschungsgeländes Süd 1,19 m tiefer, während in der Grundwassermessstelle P1 im Nordwesten lediglich ein Absinken des Grundwasserspiegels um 0,58 m zu beobachten ist.

		Differenz HQ zu MQ 2004											
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	QBS P10	QBS P11	QBS P12
max. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	HQ_{max}	3,04	1	1,69	2,42	2,43	2,90	3,21	2,39	3,30	2,46	3,26	2,12
	MQ April 2004	3,62	3,02	2,88			3,72	4,19	3,87	4,14			
Schwankungsbreite [m]	Δ	-0,58	-2,02	-1,19			-0,85	-0,98	1,48	0,84			

Tabelle 9: Vergleich Mittelwasser April 2004 mit den gemessenen Maximalwasserständen [m] u. MP

Die Auswertungen der 12 Datenmonate August 2010 – August 2011 zeigen im April 2011 ein Grundwasserregime, das sich dem Mittelwasser von April 2004 annähert. Ein Vergleich der Darstellungen in Anlage 6.2.3 zeigt westlich der 285-Meter Grundwasserisohypse ein vergleichbares Abflussregime. Durch den Wegfall der Grundwassermessstelle P1 und den Ersatz durch die Messstelle P11, zeichnen sich baubedingte, kleinräumige Grundwasserbeeinflussungen im Bereich von Bau 10 nicht ab, so dass ein einheitlicheres Abflussbild entsteht.

Während der Grundwasserstand im April 2004 aus der Interpolationsdarstellung der Grundwassergleichen (Anlage 6.2.1) in der Messstelle P12 bei ca. 286,7 m ü. NN liegt, sinkt dieser Wasserspiegel im April 2011 auf ca. 286,36 m ü. NN ab. Auch hier ist von einem Einfluss der Wasserhaltung auszugehen.

6.4 Niedrigwasser

Das Niedrigwasserregime basiert auf den Messungen von Februar 2006. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Wasserstände in den Grundwassermessstellen P2 - P3 und P6 – P9 erfasst.

Hydrologisch liegt das Niedrigwasserereignis in einem Zeitraum, der durch Niederschlagssummen geprägt ist, die deutlich unter den Durchschnittswerten liegen (siehe Tabelle 1, Kapitel 3).

Ein Vergleich der Messwerte von Februar 2006 mit dem minimalen Wasserstand innerhalb des gesamten Datenerfassungszeitraums zeigt, dass sämtliche gemessenen Wasserstände zu diesem Zeitpunkt noch über den Minimalwasserständen lagen. Dies betrifft am deutlichsten die Grundwassermessstellen P3 und P8.

		Differenz NQ min zu NQ 2006											
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	QBS P10	QBS P11	QBS P12
min. gemessener Wasserstand [m] u. GOK	NQ _{min}	4,03	4,48	3,45	4,16	3,95	4,12	4,6	4,41	4,47	3,05	3,69	2,78
	NQ Februar 2006	4,4*	4,40	3,22			4,05	4,48	4,02	4,34			
Schwankungsbreite [m]	Δ	-0,37	0,08	0,23			0,07	0,12	0,39	0,13			

Tabelle 10: Abweichung der Niedrigwasserregimedarstellung von den Minimalwerten (*Wert rechnerisch interpoliert)

Auch während des Niedrigwasserregimes ist der Grundwasserabfluss nach Nordwesten erkennbar, dreht jedoch deutlich nach Norden.

Die Grundwassermessstelle P1 wurde zu diesem Stichtagsdatum im Februar 2006 nicht mehr erfasst. Im Durchschnitt liegt der Wasserspiegel in der Messstelle P1 ca. 0,5 m tiefer als in P2. Der Wasserstand in der GWM P2 wurde zum Stichtagsdatum mit 283,1 m ü. NN eingemessen. Der interpolierte Wasserstand in P1 ergibt sich damit zu ca. 282,6 m ü. NN bzw. 4,4 m u. MP.

Die Spanne zwischen höchstem Grundwasserstand im Südosten (P3) und niedrigstem Grundwasserstand im Nordwesten (P1) liegt demnach zwischen ca. 286,7 m ü. NN (SE) und ca. 282,6 m ü. NN (NW).

Aus dieser Interpolation ergibt sich ein Höhenunterschied des Grundwassers von 4,1 m. Bei einer Fließstrecke zwischen den Grundwassermessstellen P3 und P1 von ca. 660 m entspricht dies einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 0,6 %.

Gegenüber der Hochwassersituation steht das Grundwasser im Südosten des Forschungsgeländes Süd 1,53 m tiefer, während im Nordwesten ein Absinken des Grundwasserspiegels um ca. 0,9 m zu beobachten ist.

	P1	P2	P3	P6	P7	P8	P9
HW Januar 2003	283,52	285,86	288,25	285,7**	285,57	285,36	284,58
MW April 2004	282,94	284,49	287,06	284,92	284,81	284,55	283,74
NW Februar 2006	281,61*	283,11	286,72	284,59	284,52	284,4	283,54
ΔHW - MW	0,58	1,37	1,19	0,78	0,76	0,81	0,84
Δ HW - NW	1,91	2,75	1,53	1,1	1,05	0,96	1,04

Tabelle 11: Wasserstandsentwicklung und –differenz zwischen Hochwasser 2003, Mittelwasser 2004 und Niedrigwasser 2006 (*interpoliert, **aus dem Isohypsenplan Anlage 6.1.1 ausgelesen)

Die starke Differenz des Wasserstandes in P1 von 2,75 m ist ggfs. auf Auswirkungen der Wasserhaltung während des Baus 11, zurück zu führen. Sollte sich dies bestätigen, so ist die Interpolation der Grundwassermessstelle P1 ebenfalls zu niedrig angesetzt, was das Abweichen des Strömungsbildes von den anderen Abflussregimen erklären würde.

7. Auswirkungen der unterschiedlichen Abflussregime

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Abflussregimen zeichnen sich durch die unterschiedlichen Wasserstände des Grundwassers in den Grundwassermessstellen ab. Direkt resultierend ergeben sich daraus unterschiedlich hohe bzw. niedrige Grundwasserflurabstände.

Jegliche Bodeneingriffe sind daher von den Unterschieden des Grundwasserstandes betroffen.

Das Forschungsgelände Süd wird derzeit von einer lockeren Einzelgebäude Bebauung mit unterschiedlichen Baujahren und begrünten Freiflächen zwischen den Häusern geprägt.

Durch die unterschiedliche Bauausführung der Gebäude greifen die tiefsten Gebäudesohlen unterschiedlich tief in den Untergrund ein.

In Anlage 1.5 sind die jeweils tiefsten Sohliefen der Gebäude dargestellt. Bei Gebäuden mit Unterkellerung bezieht sich der Wert auf die Oberkante der Kellersohle, bei ebenerdigen Gebäuden auf die Oberkante der Bodenplatte.

Zusätzlich werden die Gebäude teilweise durch begehbare, unterirdische Kanäle und Gänge verbunden; auch deren Sohliefen sind bekannt und Anlage 1.4 zu entnehmen.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich zunächst auf unbeeinflusste Verhältnisse. Auswirkungen der Wasserhaltung im östlichen Bereich des Forschungsgeländes werden separat diskutiert.

7.1 Mittelwasserregime

Bei mittleren Wasserständen schwankt der Grundwasserflurabstand im Bereich des Forschungsgeländes Süd zwischen 2,8 und 4,2 m u. Geländeoberkante.

Abhängig von der Sohlentiefe der Gebäude sind die Gebäudesohlen unterschiedlich von den Schwankungsbreiten des Grundwassers betroffen.

Auf Basis der Interpolation zwischen den einzelnen Grundwasserspiegelmessungen von April 2004 liegen bei einem mittleren Abflussregime die Oberkanten der Gebäudesohle von Bau 10, 27, 28, 33, 58, 74, 81A unterhalb des Grundwasserspiegels. Teilweise betroffen sind Bau 37, 52, 53, 56, 81 und 72 (siehe Anlage 7.2.1 und Tabelle 11).

Sämtliche Gebäude sind unterkellert. Die angegebenen NN-Werte beziehen sich auf die Oberkante der Kellersohlen.

Bedingt durch die Grundwasserfließrichtung von Südosten nach Nordwesten ergibt sich über die Gebäudeausdehnung eine unterschiedlich starke Betroffenheit.

Gebäudebereiche, die im Anstrom liegen, sind durch den dortigen, höheren Grundwasserstand stärker betroffen als die im Abstrom gelegenen Bereiche, in denen das Grundwasser durch das Grundwassergefälle bedingt tiefer steht.

Deutlich erkennbar wird der unterschiedliche Grad der Betroffenheit aus Tabelle 11. Negative Werte zeigen eine Lage der Gebäudesohle unterhalb des Grundwasserniveaus an.

In Tabelle 12 wird ebenfalls der Bezug zwischen tiefster Gebäudesohle und dem Grundwasserniveau hergestellt. Im Unterschied zu Tabelle 11 (Mittelwassersituation April 2004) wird in Tabelle 12 der Bezug zu einer Mittelwassersituation im April 2011 hergestellt. Die Auswirkungen der Wasserhaltung im östlichen Geländebereich werden vor allem aus Anlage 7.2.2 deutlich erkennbar.

Bau	Oberkante der Gebäudesohle [m] ü. NN	GW Niveau* Abstrom (NW-Ecke Gebäude)	GW Niveau* Anstrom (SE-Ecke Gebäude)	Differenz Geb.Sohle - GW [m] Anstrom	Differenz Geb.Sohle- GW [m] Abstrom
Sohle Bau 10	282,24	282,8	283,8	-1,56	-0,76
Sohle Bau 24	283,81	außerhalb des Interpolationsfeldes			
Sohle Bau 25	283,23				
Sohle Bau 27	282,8	283,1	283,3	-0,5	-0,4
Sohle Bau 28	282,52	283,25	283,6	-1,08	-0,88
Sohle Bau 31	283,83	283,1	283,25	0,58	0,73
Sohle Bau 32	284,03	283,25	283,6	0,43	0,78
Sohle Bau 33	283,48	283,45	283,75	-0,27	0,03
Sohle Bau 34	284,48	283,7	284,2	0,28	0,78
Sohle Bau 35	284,44	283,7	284	0,44	0,74
Sohle Bau 36	284,38	284	284,3	0,08	0,38
Sohle Bau 37	284,15	284	284,55	-0,4	0,15
Sohle Bau 48	284,37	283,7	284	0,37	0,67
Sohle Bau 51	285,52	284,2	284,8	0,72	1,32
Sohle Bau 52	285,02	284,6	285,05	-0,03	0,42
Sohle Bau 53	285,49	285,3	285,6	-0,11	0,19
Sohle Bau 54	285,13	284,6	284,9	0,23	0,53
Sohle Bau 56	285,48	285,05	285,75	-0,27	0,43
Sohle Bau 58	284,5	285,05	285,7	-1,2	-0,55
Sohle Bau 69	286,08	285,4	285,6	0,48	0,68
Sohle Bau 71	287,11	285,9	286,4	0,71	1,21
Sohle Bau 72	286,26	286,25	286,8	-0,54	0,01
Sohle Bau 73	286,3	285,8	286,15	0,15	0,5
Sohle Bau 74	284,7	284,8	285,7	-1	-0,1
Sohle Bau 81	286,04	285,75	286,3	-0,26	0,29
Sohle Bau 81A	286,04	286,3	286,5	-0,46	-0,26
Sohle Bau KFB	283,51	283,25	283,5	0,01	0,26

Tabelle 12: Gebäudesohlen in Bezug zum mittleren Grundwasserstand, April 2004 (*Datenbasis: Interpolation entsprechend Anlage 6.2.1)

Bau	Oberkante der Gebäudesohle [m] ü. NN	GW Niveau* Abstrom (NW-Ecke Gebäude)	GW Niveau* Anstrom (SE-Ecke Gebäude)	Differenz Geb.Sohle - GW [m] Anstrom	Differenz Geb.Sohle - GW [m] Abstrom
Sohle Bau 10	282,24	283,05	284,2	-1,96	-0,81
Sohle Bau 24	283,81	282,3	282,7	1,11	1,51
Sohle Bau 25	283,23	282,45	282,8	0,43	0,78
Sohle Bau 27	282,8	283,25	283,6	-0,8	-0,45
Sohle Bau 28	282,52	283,6	283,95	-1,43	-1,08
Sohle Bau 31	283,83	282,8	283,2	0,63	1,03
Sohle Bau 32	284,03	283,1	283,7	0,33	0,93
Sohle Bau 33	283,48	283,5	283,9	-0,42	-0,02
Sohle Bau 34	284,48	283,8	284,3	0,18	0,68
Sohle Bau 35	284,44	283,9	284,25	0,19	0,54
Sohle Bau 36	284,38	284,25	284,6	-0,22	0,13
Sohle Bau 37	284,15	284,15	284,8	-0,65	0
Sohle Bau 48	284,37	283,9	284,2	0,17	0,47
Sohle Bau 51	285,52	284,5	285,15	0,37	1,02
Sohle Bau 52	285,02	284,9	285,3	-0,28	0,12
Sohle Bau 53	285,49	285,5	285,75	-0,26	-0,01
Sohle Bau 54	285,13	284,9	285,2	-0,07	0,23
Sohle Bau 56	285,48	285,3	285,85	-0,37	0,18
Sohle Bau 58	284,5	285,3	285,75	-1,25	-0,8
Sohle Bau 69	286,08	285,6	285,75	0,33	0,48
Sohle Bau 71	287,11	285,6	286	1,11	1,51
Sohle Bau 72	286,26	286	286,4	-0,14	0,26
Sohle Bau 73	286,3	285,8	286,05	0,25	0,5
Sohle Bau 74	284,7	285	285,6	-0,9	-0,3
Sohle Bau 81	286,04	285,8	286,25	-0,21	0,24
Sohle Bau 81A	286,04	286,25	286,4	-0,36	-0,21
Sohle Bau KFB	283,51	283,15	283,5	0,01	0,36

Tabelle 13: Gebäudesohlen in Bezug zum mittleren Grundwasserstand, April 2011 (*Datenbasis: Interpolation entsprechend Anlage 6.2.2)

Bei mittleren Grundwasserständen sind die Gebäude Bau 10, 28 und 58 am stärksten betroffen. Hier liegt die Gebäudesohle im Anstrom jeweils mehr als 1 m unterhalb des Grundwasserniveaus.

Abhängig von der Bauausführung der Keller können hierdurch Feuchteschäden auftreten, von Bau 28, 72 und 81 ist diese Problematik bekannt.

7.2 Niedrigwasserregime

Bei niedrigen Wasserständen schwankt der Grundwasserflurabstand im Bereich des Forschungsgeländes Süd zwischen 3,5 und 4,5 m u. Geländeoberkante.

Deutlich zeichnet sich der größere Grundwasserflurabstand in der geringeren Betroffenheit der einzelnen Gebäude ab (siehe Anlage 7.3).

Auf Basis der Interpolation zwischen den einzelnen Grundwasserspiegelmessungen von Februar 2006 liegen auch bei einem niedrigen Abflussregime einzelne Oberkanten der Gebäudesohlen innerhalb des Forschungsgeländes unterhalb des Grundwasserspiegels. Vollständig betroffen sind die Gebäude Bau 10, 27 und 28. Teilweise betroffen die Gebäude Bau 33, 37, 58 und 72 (siehe Anlage 7.3 und Tabelle 13).

Bau	Oberkante der Gebäudesohle [m] ü. NN	GW Niveau* Abstrom (NW-Ecke Gebäude)	GW Niveau* Anstrom (SE-Ecke Gebäude)	Differenz Geb.Sohle - GW [m] Anstrom	Differenz Geb.Sohle- GW [m] Abstrom
Sohle Bau 10	282,24	282,5	283,1	-0,86	-0,26
Sohle Bau 27	282,8	282,75	282,95	-0,15	0,05
Sohle Bau 28	282,52	282,8	283	-0,48	-0,28
Sohle Bau 31	283,83	282,85	283	0,83	0,98
Sohle Bau 32	284,03	283	283,25	0,78	1,03
Sohle Bau 33	283,48	283	283,55	-0,07	0,48
Sohle Bau 34	284,48	283,4	283,9	0,58	1,08
Sohle Bau 35	284,44	283,3	283,6	0,84	1,14
Sohle Bau 36	284,38	283,4	283,8	0,58	0,98
Sohle Bau 37	284,15	283,6	284,2	-0,05	0,55
Sohle Bau 48	284,37	283,5	283,8	0,57	0,87
Sohle Bau 51	285,52	283,4	283,9	1,62	2,12
Sohle Bau 52	285,02	283,8	284,3	0,72	1,22
Sohle Bau 53	285,49	284,5	284,9	0,59	0,99
Sohle Bau 54	285,13	284	284,3	0,83	1,13
Sohle Bau 56	285,48	284,4	285,1	0,38	1,08
Sohle Bau 58	284,5	284	284,9	-0,40	0,5
Sohle Bau 71	287,11	285,1	285,8	1,31	2,01
Sohle Bau 72	286,26	285,6	286,5	-0,24	0,66
Sohle Bau 73	286,3	285	285,5	0,80	1,3
Sohle Bau 74	284,7	283,8	284,7	0,00	0,9
Sohle Bau 81	286,04	285	285,8	0,24	1,04
Sohle Bau 81A	286,04	285,8	286	0,04	0,24

Tabelle 14: Gebäudesohlen in Bezug zum niedrigen Grundwasserstand, Feb. 2006 (*Datenbasis: Interpolation entsprechend Anlage 6.3)

7.3 Hochwasserregime

Bei den gemessenen maximalen Wasserständen schwankt der Grundwasserflurabstand im Bereich des Forschungsgeländes Süd im Januar 2003 zwischen 1,65 und 4,13 m u. Geländeoberkante.

Deutlich zeichnet sich der wesentlich geringere Grundwasserflurabstand in der vielfachen Betroffenheit der einzelnen Gebäude ab (siehe Anlage 7.1).

Auf Basis der Interpolation zwischen den einzelnen Grundwasserspiegelmessungen von Januar 2003 zeigt sich, dass ein Großteil der bestehenden Bebauung mit deren Gebäudebasis unter das Grundwasserniveau reicht und somit im Grundwasser steht.

Die einzigen Gebäude, die nicht vollständig betroffen sind, sind die Bauten 31, 32, 34 und 51 (siehe Anlage 7.1.1 und Tabelle 14). Das heißt, dass an allen Gebäuden, bei deren Bauausführung keine weißen Wannen oder anderweitige abdichtenden Maßnahmen ergriffen wurden, in regelmäßigen Zyklen Feuchteschäden auftreten können.

Bau	Oberkante der Gebäudesohle [m] ü. NN	GW Niveau* Abstrom (NW-Ecke Gebäude)	GW Niveau* Anstrom (SE-Ecke Gebäude)	Differenz Geb.Sohle - GW [m] Anstrom	Differenz Geb.Sohle- GW [m] Abstrom
Sohle Bau 10	282,24	283,4	284,8	-2,56	-1,16
Sohle Bau 27	282,8	283,75	284	-1,2	-0,95
Sohle Bau 28	282,52	284	284,2	-1,68	-1,48
Sohle Bau 31	283,83	283,75	283,9	-0,07	0,08
Sohle Bau 32	284,03	283,9	284,35	-0,32	0,13
Sohle Bau 33	283,48	284,15	284,55	-1,07	-0,67
Sohle Bau 34	284,48	284,4	285	-0,52	0,08
Sohle Bau 35	284,44	284,5	284,8	-0,36	-0,06
Sohle Bau 36	284,38	284,8	285,2	-0,82	-0,42
Sohle Bau 37	284,15	284,8	285,4	-1,25	-0,65
Sohle Bau 48	284,37	284,5	284,8	-0,43	-0,13
Sohle Bau 51	285,52	285,2	286,05	-0,48	0,02
Sohle Bau 52	285,02	285,6	286,1	-1,08	-0,58
Sohle Bau 53	285,49	286,4	286,8	-1,31	-0,91
Sohle Bau 54	285,13	285,5	285,9	-0,77	-0,37
Sohle Bau 56	285,48	286,1	286,8	-1,32	-0,62
Sohle Bau 58	284,5	286,3	286,9	-2,4	-1,8
Sohle Bau 71	287,11	287,2	287,6	-0,49	-0,09
Sohle Bau 72	286,26	287,45	288	-1,74	-1,19
Sohle Bau 73	286,3	287	287,3	-1	-0,7
Sohle Bau 74	284,7	286,1	286,95	-2,25	-1,4
Sohle Bau 81	286,04	286,9	287,45	-1,41	-0,86
Sohle Bau 81A	286,04	287,45	287,6	-1,56	-1,41

Tabelle 15: Gebäudesohlen in Bezug zum Hochwasserstand Januar 2003 (Datenbasis: Interpolation entsprechend Anlage 6.1.1)

Auch das lediglich 8 Jahre später auftretende 2. Hochwasserereignis im Beobachtungszeitraum von Januar 2011 zeigt ein ähnliches Bild (siehe Anlage 7.1.2 und Tabelle 15).

Bei den gemessenen, maximalen Wasserständen schwankt der Grundwasserflurabstand im Bereich des Forschungsgeländes Süd im Januar 2011 zwischen 1,64 und 3,38 m u. Geländeoberkante.

Das einzige Gebäude, das zu diesem Zeitpunkt der Messung komplett unbetroffen ist, ist Bau 31. Teilweise betroffen sind die Bauten 32 und 51.

Bau	Oberkante der Gebäudesohle [m] ü. NN	GW Niveau* Abstrom (NW-Ecke Gebäude)	GW Niveau* Anstrom (SE-Ecke Gebäude)	Differenz Geb.Sohle - GW Anstrom [m]	Differenz Geb.Sohle- GW Abstrom [m]
Sohle Bau 10	282,24	283,7	285,1	-2,86	-1,46
Sohle Bau 27	282,8	284	284,3	-1,15	-1,5
Sohle Bau 28	282,52	284,4	284,8	-2,28	-1,88
Sohle Bau 31	283,83	283,35	283,8	0,03	0,48
Sohle Bau 32	284,03	283,7	284,5	-0,47	0,33
Sohle Bau 33	283,48	284,1	284,6	-1,12	-0,62
Sohle Bau 34	284,48	284,6	285,2	-0,72	-0,12
Sohle Bau 35	284,44	284,8	285,2	-0,76	-0,36
Sohle Bau 36	284,38	285,2	285,5	-1,12	-0,82
Sohle Bau 37	284,15	285	285,7	-1,55	-0,85
Sohle Bau 48	284,37	284,4	285	-0,63	-0,03
Sohle Bau 51	285,52	285,4	286	-0,48	0,02
Sohle Bau 52	285,02	285,75	286,05	-1,03	-0,73
Sohle Bau 53	285,49	286,2	286,4	-0,91	-0,71
Sohle Bau 54	285,13	285,7	285,95	-0,82	-0,57
Sohle Bau 56	285,48	286	286,4	-0,92	-0,52
Sohle Bau 58	284,5	286,15	286,45	-1,95	-1,65
Sohle Bau 71	287,11				
Sohle Bau 72	286,26	286,7			-0,44
Sohle Bau 73	286,3	286,5	286,7	-0,4	-0,2
Sohle Bau 74	284,7	286	286,4	-1,7	-1,3
Sohle Bau 81	286,04	286,45	286,8	-0,76	-0,41
Sohle Bau 81A	286,04	286,8			-0,76

Tabelle 16: Gebäudesohlen in Bezug zum Hochwasserstand Januar 2011 (Datenbasis: Interpolation entsprechend Anlage 6.1.2)

7.4 Gesamtdarstellung

In Anlage 7.4 ist in einer Abfolge die Entwicklung des Grundwasserabflusses ausgehend von der Niedrigwassersituation über die Mittelwassersituation zur Hochwassersituation dargestellt. Deutlich erkennbar ist der Anstieg des Grundwassers an den farblich hervorgehobenen Grundwassergleichen. Während die 286-Meter-Linie (grün) bei Niedrigwasser noch deutlich im südöstlichen Randbereich der Darstellung liegt, wandert diese mit ansteigendem Grundwasserstand zunehmend nach Nordwesten.

Durch die Korrelation der interpolierten Grundwasserstände mit den jeweiligen Gebäudesohlen lässt sich anhand der rot gekennzeichneten Gebäude gut der Anstieg der potentiellen Betroffenheit erkennen.

Deutlich wird hier, dass bereits bei einer Eindringtiefe von 1-2 m in den Untergrund mit einer Grundwasserbeeinflussung gerechnet werden muss! Abhängig von der jeweiligen Ortslage auf dem Forschungsgelände kann diese Tiefe leicht variieren. **Bei jeder Baumaßnahme stellt sich somit die Notwendigkeit einer Wasserhaltung.**

Zusätzlich wird deutlich, dass bei Neuerrichtungen von Gebäuden eine lokale Grundwasser aufstauende Wirkung verhindert werden sollte („Stau-Mauer-Effekt“). Dieser Effekt tritt bei einer Ausrichtung der Gebäude in Nordost-Südwest-Richtung auf (etwa parallel zur Günther-Scharowsky-Straße). Gründungen sollten hier entsprechend durchlässig gestaltet werden.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Das Forschungsgelände Süd der Siemens AG besteht zurzeit aus einer sukzessive gewachsenen, lockeren Einzelbebauung.

Die Gebäude wurden in unterschiedlichsten Bauausführungen, mit und ohne Unterkellerung, errichtet.

An mehreren Gebäuden auf dem Gelände sind seit langem deutliche Feuchteschäden bekannt, die periodisch wiederkehrend auftreten. Teilweise wird der Grad der Schäden durch lokale Wasserhaltungsmaßnahmen verringert.

Bereits seit 1998 erfolgt über heute insgesamt 12 Grundwassermessstellen die monatliche Beobachtung der Grundwasserspiegelschwankungen in dem Areal des Forschungsgeländes.

Die Auswertung der langjährigen Grundwasserstandsmessungen zeigt einen Grundwasseranstrom des Geländes von Südosten.

In Abhängigkeit von dem jeweiligen Grundwasserstand verändert sich die potentielle Betroffenheit der Gebäude.

Daraus lassen sich für das Forschungsgelände Süd folgende Aussagen ableiten:

- **Die potentielle Betroffenheit der bestehenden Gebäude durch das Grundwasser nimmt mit ansteigendem Grundwasserstand von Südosten nach Nordwesten zu.**
- **Bereits ab einer Tiefe von 1-2 m ist mit Grundwasserbeeinflussungen zu rechnen.**
- **Wasserhaltungsmaßnahmen sind auf dem Forschungsgelände Süd unumgänglich.**
- **Bei jeglicher baulichen Neuplanung sind die Vor-Ort-Verhältnisse des Grundwassers unbedingt zu berücksichtigen.**
- **Bei der Ausrichtung und Ausgestaltung der Gründung von Gebäuden ist darauf zu achten, dass ein „Stau-Mauer-Effekt“ verhindert wird. Dieser ist tendenziell bei einer Nordost-Südwest-Ausrichtung (etwa parallel zur Günther-Scharowsky-Straße) der Gebäude gegeben.**

Mit den dargelegten, aus der Vergangenheit abgeleiteten, unterschiedlichen Abflussregimen ist eine Basis gegeben, an Hand derer bei Neuerrichtungen von Gebäuden, deren Bauausführung an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden kann. Dadurch ist es möglich zukünftige Wasserschäden zu vermeiden.

Über die hydraulischen Informationen kann zusätzlich nach Errichtung weiterer Bohrungen ein Konzept zur Wasserhaltung ausgearbeitet werden, wenn sich dies als notwendig abzeichnen sollte.

Neunkirchen, den.....

.....
Dr. Werner Reiländer

.....
Dipl. Geol. Amrei Tönnishoff