



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten



Schriftenreihe

2

2017

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agraroeekologie@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 71-3640

1. Auflage: März 2017

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhäusen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten

Beobachtungen und Analysen im Mai/Juni 2016

R. Brandhuber¹, M. Treisch¹, F. Fischer¹, M. Kistler¹

H. Maier² (Kapitel 2)

K. Auerswald³ (Kapitel 7)

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

²Deutscher Wetterdienst, Niederlassung Weihenstephan

³Technische Universität München, Freising

März 2017

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|----------|---|
| 1 | Einführung.....15 |
| 2 | Großwetterlage Ende Mai bis Mitte Juni 201615 |
| 3 | Starkregen im Mai und Juni 201617 |
| 4 | Erosivität der Niederschläge20 |
| 5 | Risikogebiete für Bodenerosion23 |
| 6 | Analyse von betroffenen Gebieten26 |
| 6.1 | Lkr. Rottal-Inn: Simbach, Altbach, Tannerbach, Grasenseer Bach28 |
| 6.1.1 | Niederschläge29 |
| 6.1.2 | Landnutzung und Bewirtschaftung der Ackerflächen.....36 |
| 6.1.3 | Schlammablagerungen37 |
| 6.1.4 | Geländebefunde, Luftbilddauswertung42 |
| 6.2 | Landkreis Landshut, Ereignis vom 29.05.2016.....60 |
| 6.2.1 | Niederschläge62 |
| 6.2.2 | Beobachtungen in den vier Einzugsgebieten im Landkreis Landshut62 |
| 6.2.3 | Einzugsgebiete Aichbach und Wolfsbach.....62 |
| 6.2.4 | Einzugsgebiete Kleine Laber (bis Neufahrn i. NB) und Goldbach.....70 |
| 6.3 | Hemau – Laaber: Starkregen mit Hagel88 |
| 6.4 | Windischhausen, Mittelfranken98 |
| 6.5 | Waldkirchen – Freyung, Ereignis 25.06.2016.....101 |
| 6.6 | Vergleich der Einzugsgebiete.....110 |
| 7 | Abflusswege und Hochwasserbildung im Simbach-Einzugsgebiet.....111 |
| 8 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen119 |
| | Literaturverzeichnis121 |

Abbildungsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Abb. 1: Matsumoto-Diagramm: Maximale Niederschlagssummen nach Dauerstufen im Vergleich. Quelle: Rudolph & Rapp 2003, Becker 2016..... | 16 |
| Abb. 2: RADOLAN-Niederschlagssummen im Zeitraum vom 01.05. bis 30.06.2016..... | 18 |
| Abb. 3: Maximale Tagesniederschläge im Mai und Juni 2016 in Bayern..... | 18 |
| Abb. 4: Maximale Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016 in Bayern..... | 19 |
| Abb. 5: Jährlichkeit der maximalen Tages- und Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016, berechnet nach KOSTRA-DWD, 2010..... | 19 |
| Abb. 6: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2016..... | 20 |
| Abb. 7: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2011..... | 21 |
| Abb. 8: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2012..... | 21 |
| Abb. 9: Jährlichkeit der R-Faktoren-Summen der Monate Mai und Juni im Jahr 2016..... | 22 |
| Abb. 10: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Ackerfläche je Gemeinde..... | 24 |
| Abb. 11: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde..... | 24 |
| Abb. 12: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde, Ausschnitt für den Landkreis Rottal-Inn..... | 25 |
| Abb. 13: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde, Ausschnitt für den Landkreis Landshut..... | 25 |
| Abb. 14: Anteil von Mais an der Gesamtfläche der Gemeinden Bayerns im Jahr 2016..... | 26 |
| Abb. 15: Lage der 6 Gebiete mit Beobachtungen und Analysen. Hintergrundkarte: Jährlichkeiten der Tages- und maximalen Stundenniederschläge aus Abb. 5..... | 27 |
| Abb. 16: Einzugsgebiete im südlichen Landkreis Rottal-Inn. Simbach und Tannerbach entwässern zum Inn, Altbach und Grasenseer Bach zur Rott..... | 29 |
| Abb. 17: Tagesniederschlagssumme am 01.06.2016 mit der Regenzelle im südlichen Landkreis Rottal-Inn / Oberösterreich..... | 30 |
| Abb. 18: Tagesniederschlag am 01.06.2016; komplette Überregnung des Simbach-Einzugsgebiets mit Regenmengen von über 120 mm..... | 31 |
| Abb. 19: Tagesniederschlag am 01.06.2016, Ausschnitt für das Simbach-Einzugsgebiet..... | 31 |
| Abb. 20: Maximaler Stundenniederschlag am 01.06.2016 im Simbach-Einzugsgebiet..... | 32 |
| Abb. 21: Jährlichkeit der maximalen Tagesniederschläge im Mai und Juni, prägend ist der 01.06.2016..... | 32 |
| Abb. 22: Über das Einzugsgebiet des Simbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016..... | 33 |

| | |
|--|----|
| Abb. 23: Über das Einzugsgebiet des Tannerbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016 | 33 |
| Abb. 24: Über das Einzugsgebiet des Altbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016 | 34 |
| Abb. 25: Über das Einzugsgebiet des Grasenseer Bachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016 | 34 |
| Abb. 26: Verlauf der RADOLAN-Stundenniederschläge (gemittelt über das Simbach-Einzugsgebiet) in der Zeitachse vom 31.5. 0:00 Uhr bis 1.6.2016 24:00 Uhr | 35 |
| Abb. 27: Aufsummierte RADOLAN-Stundenniederschläge (gemittelt über das Simbach-Einzugsgebiet) in der Zeitachse vom 31.5. 0:00 Uhr bis 1.6.2016 24:00 Uhr. Am 1.6. war um 11:00 Uhr eine Niederschlagssumme von 100 mm erreicht, um 13:00 von 150 mm. | 35 |
| Abb. 28: Wasserstand am Pegel Simbach (Ortsmitte), 01.06.2016, 1:00 bis 19:15 Uhr, 15-Minuten-Intervalle, markanter Anstieg zwischen 13:45 und 14:00 Uhr (Quelle: HND Bayern) | 36 |
| Abb. 29: Schlamm im Ortszentrum Simbach am Abend des katastrophalen Ereignisses (01.06.2016) | 38 |
| Abb. 30: Freiwillige Helfer räumen Schlamm aus einem Haus in Simbach (03.06.2016). | 38 |
| Abb. 31: Lage der Probenahmestellen in Simbach | 39 |
| Abb. 32: Mittlere Verteilung von Sand, Schluff und Ton in den Schlammproben je Ortschaft | 40 |
| Abb. 33: Mittlere Gehalte an Phosphat und Kali (mg/100g Boden, CAL) in den Schlammproben je Ortschaft | 40 |
| Abb. 34: Beziehung zwischen Tonanteil und Nährstoffgehalt der Schlammproben | 41 |
| Abb. 35: Mittlere Gehalte an organischem Kohlenstoff, Karbonat-Kohlenstoff und Gesamtstickstoff in den Schlammproben je Ortschaft | 41 |
| Abb. 36: Bodenabschwemmung mit Anlandung im Maisfeld (Einzugsbiet Tannerbach), Foto 03.06.2016 | 43 |
| Abb. 37: Gleiche Bildposition wie Abb. oben, 10.08.2016. Die Anlandung am Ende des Maisfeldes ist noch zu erkennen. | 43 |
| Abb. 38: Erosion beginnt im Maisfeld, Abfluss bündelt sich dann im Talweg (Einzugsgebiet Simbach) Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling | 44 |
| Abb. 39: Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 38, bearbeitetes Orthofoto, Bayerische Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016 | 44 |
| Abb. 40: Typisches Bild mit Erosionsrinnen im Maisfeld und Wasserabfluss im Talweg des Getreidefeldes gegenüber (westlich des Simbach-Einzugsgebiet), Foto 03.06.2016 | 45 |
| Abb. 41: Luftbild zur Auskolkung der folgenden Abbildungen, Abfluss aus einem V-Tälchen am rechten Bildrand über die kleinen Teiche nach links ins Maisfeld (westlich des Simbach-Einzugsgebiet), Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling | 46 |

| | |
|---|----|
| Abb. 42: Topographie und Landnutzung im Umfeld der Auskolkung (rote Ellipse), Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016 | 46 |
| Abb. 43: L-Faktor-Berechnung mit der Auskolkung (Orthofoto: Bayer. Vermessungsverwaltung, Juli 2016). Der Talweg quer durch den Bildausschnitt ist klar erkennbar (dunkelbraune Zellen), die Auskolkung ist rot markiert. | 47 |
| Abb. 44: Auskolkung im Talweg, Foto 03.06.2016 | 47 |
| Abb. 45: Blick nach oben in den Talweg mit der Auskolkung, wenig Anlandung, die hohe Schleppkraft der Wassermassen hat das ausgespülte Bodenmaterial weitgehend abtransportiert (Foto 03.06.2016)..... | 48 |
| Abb. 46: Blick von „unten“ in die Auskolkung (Foto 10.08.2016). Seit dem Ereignis am 1.6. ist weiteres Bodenmaterial in den Kessel eingebrochen. | 48 |
| Abb. 47: Aus dem V-Tälchen in der Mitte des Bildes strömte das Wasser am 1.6. rechts aus dem Bildfeld in Richtung der Auskolkung (Foto 10.08.2016)..... | 49 |
| Abb. 48: Teich am Ende des V-Tälchens. Über diese Schwelle floss das Wasser in das Maisfeld mit der Auskolkung (Foto 10.08.2016). | 49 |
| Abb. 49: Überfluteter Talweg, Abfluss nach rechts, Rückstau wegen teilweise verstopftem Straßendurchlass rechts (Einzugsgebiet Tannerbach), Luftbilddaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling | 50 |
| Abb. 50: Weiterer Umriss der Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 49, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016 | 51 |
| Abb. 51: Blick in Abflussrichtung. Hinter dem Gehölz verläuft die Straße (Foto 10.08.2016)..... | 51 |
| Abb. 52: Im angestauten Talweg (siehe Abb. oben) abgelagerter Boden, Foto 10.08.2016..... | 52 |
| Abb. 53: Teilweise verstopfter Durchlass an der Straßenböschung, Foto 10.08.2016..... | 52 |
| Abb. 54: Abgebrochener Ranken im Grünland (Einzugsgebiet Simbach), Luftbilddaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling | 53 |
| Abb. 55: Oberhalb Simbach, „Wildbach“, Erdrutsche am Hang, Luftbilddaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling | 53 |
| Abb. 56: Hangrutsch oberhalb Simbach, Luftbilddaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling..... | 54 |
| Abb. 57: Hangrutsch an steilem Waldhang, Einzugsgebiet Simbach, Foto 10.08.2016..... | 54 |
| Abb. 58: Zerstörte Überfahrt (Hofzufahrt) und ausgeräumtes Bachbett, Situation am 10.08.2016, Einzugsgebiet Simbach | 55 |
| Abb. 59: Wenige Meter oberhalb der Abb. oben, Blick in entgegengesetzte Richtung auf das Bächlein, das zum Wildbach wurde. Der Talgrund war nach Aussage eines Anwohners zeitweise komplett überschwemmt..... | 55 |
| Abb. 60: Weiterer Umriss der Geländetopographie der beiden vorherigem Fotos, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, Aufnahme Juli 2016 | 56 |
| Abb. 61: Beschädigte Straße im Einzugsgebiet des Simbachs mit Einbruch des Radwegs nach Überflutung. Der Durchlass konnte die Wassermassen nicht fassen, es kam zur Überspülung der Straße von links nach rechts (Foto 03.06.2016)..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Abb. 62: Blick in das bis auf den Gesteinsuntergrund ausgeräumte Bachbett direkt unterhalb des Durchlasses der vorherigen Abbildung..... | 57 |
| Abb. 63: Zerstörte Straßenbrücke, Fließrichtung nach links, Foto 03.06.2016 | 57 |
| Abb. 64: Massive Uferabrisse oberhalb Simbach, Foto 03.06.2016..... | 58 |
| Abb. 65: Zerstörte Straße zum Schulzentrum Simbach, oberhalb des Sägewerks, Fließrichtung nach oben. Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling..... | 58 |
| Abb. 66: Ortszentrum Simbach, Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling. Das Foto von Abb. 30 wurde am 03.06. in Richtung des roten Pfeils aufgenommen..... | 59 |
| Abb. 67: Lage der Einzugsgebiete. Wolfsbach u. Aichbach entwässern in die Isar, der Goldbach fließt in Neufahrn in die kleine Laber mit Entwässerung zur Donau. | 61 |
| Abb. 68: Maximale Stundenniederschläge am 29.05.2016..... | 61 |
| Abb. 69: Maximaler Stundenniederschlag am 29.05.2016 in den Einzugsgebieten..... | 63 |
| Abb. 70: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016. Prägend ist der 29.05.2016..... | 63 |
| Abb. 71: Über das Einzugsgebiet des Wolfsbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 64 |
| Abb. 72: Über das Einzugsgebiet des Aichbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 64 |
| Abb. 73: Der Wolfsbach fließt direkt durch den Ort, am 29.5. bis zur Höhe der Schmutzkante am Gebäude im Hintergrund. Foto 31.05.2016 | 66 |
| Abb. 74: Nach der Überflutung im Ortsbereich von Wolfsbach, Foto 31.05.2016 | 66 |
| Abb. 75: Nach der Überflutung im Ortsbereich von Wolfsbach, Foto 31.05.2016 | 67 |
| Abb. 76: Der Wolfsbach am Ortsende von Wolfsbach nach Ablauf des Hochwassers, Foto 30.05.2016..... | 67 |
| Abb. 77: Abschwemmung und Anlandung von Boden aus einem Maisfeld oberhalb von Wolfsbach, Mulchsaat mit intensiver Saatbettbereitung und deshalb geringer Bodenbedeckung, Foto 31.05.2016 | 68 |
| Abb. 78: Maisfeld mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung (“Direktsaat“) im Einzugsgebiet des Aichbachs, kaum Bodenabschwemmung in der Fläche, Foto 31.05.2016, Blickrichtung siehe roter Pfeil im Luftbild Abb. 79 | 68 |
| Abb. 79: Luftbildaufnahme des obigen Feldes mit Mais-Direktsaat am 06.06.2016 (W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling), Spuren von Wasserabfluss nach rechts unten in den Wald, nur geringer Bodenaustrag trotz ca. 50 mm Regen in der Stunde, zusätzlicher Schutz durch grünen Streifen (Raps) am Unterrand des Maisfeldes; roter Pfeil: Fotoposition Abb. 78..... | 69 |
| Abb. 80: Maximale Stundenniederschläge am 29.05.2016 in den Einzugsgebieten Kleine Laber und Goldbach | 70 |
| Abb. 81: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016, prägend ist das Ereignis vom 29.05.2016..... | 71 |
| Abb. 82: Über das Einzugsgebiet des Goldbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 71 |

| | |
|---|----|
| Abb. 83: Über das Einzugsgebiet der Kleinen Laber (bis Neufahrn i.NB) gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 72 |
| Abb. 84: Mais ohne Mulchsaat, Hangneigung ca. 3 - 4 % (Einzugsgebiet Goldbach), Foto 31.05.2016..... | 73 |
| Abb. 85: Mit Schlamm aus dem Maisfeld der obigen Abbildung befrachtete Straße..... | 73 |
| Abb. 86: Unterhalb des Maisfeldes aus Abb. 84 im August, Graben geräumt, Durchlässe weiterhin mit Bodenmaterial verstopft, Foto 01.08.2016..... | 74 |
| Abb. 87: Direkt gesäeter Mais, kaum Bodenabschwemmung, Blick nach Süden, direkte Nachbarschaft zu Abb. 84f (Einzugsgebiet Goldbach) Foto 31.05.2016..... | 75 |
| Abb. 88: Blick auf das Maisfeld (Direktsaat) von Abb. 87 von Süden nach Nord, Foto 01.08.2016..... | 75 |
| Abb. 89: Erodierte Hänge und Überflutungsbereich eines Grabens im Einzugsgebiet Kleine Laber, roter Pfeil: Foto Abb. 91. Luftbildaufnahme am 06.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling | 76 |
| Abb. 90: Weiterer Umriss der Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 90, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013 | 76 |
| Abb. 91: 10 cm tief ausgespülte Fahrspuren der Maissaat, flächig mehr als 300 t/ha Bodenabtrag (Einzugsgebiet Kleine Laber), Fotoposition siehe Abb. 89 (31.05.2016) | 77 |
| Abb. 92: Abschwemmung aus der Schlepperfahrspur beim Maissäen, siehe Bild oben, Foto 31.05.2016..... | 77 |
| Abb. 93: Blick vom Graben aus in das erodierte aber dennoch gut entwickelte Maisfeld von Abb. 91, Foto 01.08.2016..... | 78 |
| Abb. 94: Überschwemmungs- und Anlandungsfläche, links der Graben, Foto 01.08.2016..... | 78 |
| Abb. 95: Bodenerosion im Einzugsgebiet Kleine Laber, links nach dem Ereignis am 29.05.2016, Luftbildaufnahme am 06.06.2016, rechts nach dem Ereignis am 12.05.2011, Luftbildaufnahme am 18.05.2011, Luftbilder jeweils W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling. Roter Pfeil: Foto Abb. 97 | 79 |
| Abb. 96: Geländetopographie der Luftbilder aus Abb. 95, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013..... | 79 |
| Abb. 97: Abschwemmung und Anlandung, Fotoposition siehe Pfeil in Abb. 95, Foto 31.05.2016..... | 80 |
| Abb. 98: Identische Fotoposition wie in der obigen Abbildung, Foto 01.08.2016 | 80 |
| Abb. 99: Aus dem Oberhang verlagertes fein- bis mittelkörniger Kies. Feinmaterial wurde mit dem Oberflächenabfluss weggetragen. Foto im Anlandungsbereich von Abb. 97 am 01.08.2016 | 81 |
| Abb. 100: Situation nach Ausuferung des Baches wegen verstopftem Durchlass (unten im Bild), Fließrichtung nach unten, Einzugsgebiet Kleine Laber. Beispiel für (ungeplanten) Wasserrückhalt | 82 |
| Abb. 101: Gleiche Bildposition wie Abb. oben, Foto 01.08.2016..... | 82 |
| Abb. 102: Massive Bodenabschwemmung aus Maisfeld (links), Abfluss in der Tiefenlinie durch das Weizenfeld und Anlandung im Maisfeld rechts. Luftbildaufnahme am 06.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling | 83 |
| Abb. 103: Geländetopographie des Luftbilds oben, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013 | 83 |

| | |
|---|----|
| Abb. 104: Blick auf das erodierte Maisfeld. Im Hintergrund ist die Abflussrinne erkennbar (siehe Luftbild oben). Foto 31.05.2016..... | 84 |
| Abb. 105: Gleiche Fotoposition wie Bild oben, Foto 01.08.2016..... | 84 |
| Abb. 106: Massive Abschwemmung in der Mitte der Hangmulde, Foto 31.05.2016..... | 85 |
| Abb. 107: Wasserweg durch den Winterweizen in den Talgrund. Fortsetzung des Talwegs aus dem Maisfeld im Foto oben, Foto 31.05.2016 | 85 |
| Abb. 108: Gleiche Fotoposition wie Abb. 107 oben, Foto 01.08.2016..... | 86 |
| Abb. 109: Maisbestand in der Abtragsfläche von Abb. 106, 01.08.2016 | 86 |
| Abb. 110: Anlandung im Maisfeld oberhalb des Wäldchens, siehe Abb. 105, Foto 01.08.2016 | 87 |
| Abb. 111: Lage des Kleineinzugsgebiets bei Laaber | 89 |
| Abb. 112: Maximale Stundenniederschläge in Bayern am 28.05.2016. Das kleine Areal westlich von Regensburg wies die höchste Regenintensität auf. | 89 |
| Abb. 113: Maximaler Stundenniederschlag am 28.05.2016 im Kleineinzugsgebiet oberhalb Laaber | 90 |
| Abb. 114: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge, prägend ist das Ereignis vom 28.05.2016..... | 91 |
| Abb. 115: Über das Kleineinzugsgebiet bei Laaber gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen im Mai und Juni 2016 | 91 |
| Abb. 116: Starke Erosion im Maisfeld, das kleine Grünlandfeldstück bremst den Abfluss. Gebiet zwischen Hemau und Laaber, Luftbildaufnahme am 04.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling | 92 |
| Abb. 117: Linkes Maisfeld konventionell bestellt mit starken Abschwemmungen und Bodenausträgen ins unterliegende Feld (Erbsen). Rechtes Maisfeld mit Direktsaat bestellt mit geringen Abschwemmungen. Luftbildaufnahme am 04.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling | 93 |
| Abb. 118: Blick auf das Maisfeld mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“), wenig Bodenabschwemmung in der Fläche, Foto 31.05.2016 | 94 |
| Abb. 119: Mulch und stehende Stängel bremsen den Abfluss im ohne Saatbettbereitung bestellten Maisfeld („Jeder Strohalm ein Staudamm!“). Foto 31.05.2016 | 94 |
| Abb. 120: Vergleichsweise wenig Abschwemmung aus dem Maisfeld ins unterliegende Grünland („Austragsfahne“). Das Bodenmaterial stammt überwiegend aus dem Vorgewende und dem untersten Hangbereich. Foto 31.05.2016 | 95 |
| Abb. 121: Blick in den direkt gesäten Maisbestand am 01.08.2016 mit immer noch hoher Bodenbedeckung durch die Stängel der Zwischenfrucht..... | 95 |
| Abb. 122: Unteres Ende des benachbarten Maisfeldes (ohne Direktsaat) mit ausgeprägten Ausschwemmungsfahnen in das unterliegende Erbsenfeld, Foto 31.05.2016..... | 96 |
| Abb. 123: Bildposition wenig unterhalb von Abb.122 zwei Monate später am 01.08.2016 | 96 |
| Abb. 124: In der Abflussrinne im Maisfeld ohne Direktsaat ist der Mais ausgeblieben, Foto 01.08.2016..... | 97 |
| Abb. 125: Über das Kleineinzugsgebiet oberhalb Windischhausen gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen im Mai und Juni 2016..... | 99 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 126: Abflussrinne im Maisfeld, Fotoposition siehe roter Pfeil in Abb. 127 unten. Den Hafer hat der Landwirt nach dem Ereignis eingesät, um die Versickerung zu verbessern. Foto 08.08.2016 | 100 |
| Abb. 127: Landnutzung oberhalb Windischhausen im Jahr 2016. Pfeil: Foto Abb. 126 | 100 |
| Abb. 128: Lage des Einzugsgebiets des Osterbachs mit dem Teileinzugsgebiet des Pfeffermühlbachs bis Waldkirchen | 102 |
| Abb. 129: Maximale Stundenniederschläge in Bayern am 25.06.2016 | 103 |
| Abb. 130: Maximaler Stundenniederschlag am 25.06.2016 in den Einzugsgebiet Osterbach und Pfeffermühlbach bis Waldkirchen | 104 |
| Abb. 131: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge vom Mai und Juni 2016, prägend ist das Ereignis vom 25.06.2016 | 105 |
| Abb. 132: Über das Einzugsgebiet des Pfeffermühlbachs bis Waldkirchen gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 105 |
| Abb. 133: Über das Einzugsgebiet des Osterbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016 | 105 |
| Abb. 134: Bodenabschwemmung aus verhageltem Maisfeld bei Erlauzwiesel, kaum Mulch, Foto 28.06.2016 | 106 |
| Abb. 135: Anlandung von Boden aus dem oben liegenden Maisfeld, siehe Abb. 134, Foto 28.06.2016 | 107 |
| Abb. 136: Anlandung von ausgeschwemmtem Boden aus Maisfeld mit Hagelschaden an der Straße zwischen Waldkirchen und Jandelsbrunn, 28.06.2016 | 107 |
| Abb. 137: Maisfeld (unweit von Abb. 136) ohne Bodenabschwemmung, mehr Mulchauflage, vermutlich bessere Bodenstruktur, Foto 28.06.2016 | 108 |
| Abb. 138: Spuren von Wasserabfluss aus Grünland (umgelegte Grashalme in der Mitte). Das Grünland liegt zwischen den Maisfeldern von Abb. 136 und 137, Foto 28.06.2016 | 108 |
| Abb. 139: Ausgespülter Fahrweg entlang der Staatsstraße von Waldkirchen nach Jandelsbrunn, Höhe Erlauzwiesel (Foto 28.06.2016) | 109 |
| Abb. 140: Blick in das Tal zwischen Grainet und Rehberg. Hoher Grünlandanteil, kaum Spuren von Bodenabschwemmungen; gebündelter Oberflächenabfluss durch das Grünland (Foto 28.06.2016) | 109 |
| Abb. 141: Verlauf der Regenintensität im Simbach-Einzugsgebiet und berechneter Oberflächenabflussanteil für fünf verschiedene Landnutzungen (Mais, Direktsaat und Getreide lassen sich fast nicht unterscheiden). | 113 |
| Abb. 142: Querschnitt durch ein Erdbecken und Einfluss eines kleinen Beckens (136 m ³ /ha) auf den Spitzenabfluss (aus Fiener et al. 2005, verändert). In dem konkreten Fall lieferte neben dem kurz dauernden Oberflächenabfluss auch noch die mehrere Tage dauernde Exfiltration von Zwischenabfluss. | 116 |
| Abb. 143: Anpassung der Einheitsganglinie an die Pegelstände der drei ersten Hochwasserwellen in Simbach am 01.06.2016 | 117 |

Tabellenverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Tab. 1: Kennzahlen von R-Faktoren im Tertiärhügelland, Monate Mai und Juni | 22 |
| Tab. 2: Landnutzung in den Einzugsgebieten im südlichen Landkreis Pfarrkirchen (INVEKOS 2016)..... | 37 |
| Tab. 3: Ergebnisse der Analysen der Schlammproben..... | 39 |
| Tab. 4: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Aichbach und Wolfsbach (INVEKOS 2016)..... | 65 |
| Tab. 5: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Goldbach und Kleiner Laber (bis Neufahrn i.NB), INVEKOS | 72 |
| Tab. 6: Landnutzung im Kleineinzugsgebiet oberhalb Windischhausen in den Jahren 2005 und 2016 (INVEKOS) | 101 |
| Tab. 7: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Pfeffermühlbach bis Waldkirchen und Osterbach 2005 und 2011 (INVEKOS)..... | 106 |
| Tab. 8: Vergleich von Einflussfaktoren für Bodenabschwemmungen und Oberflächenabfluss sowie der Niederschlagsintensitäten bei den Schadensereignissen in den größeren Einzugsgebieten | 110 |
| Tab. 9: Abfluss von Blanksaat-Mais in Abhängigkeit vom Tagesniederschlag und relativ dazu der Abfluss verschiedener anderer Bodennutzungen berechnet mit dem SCS-Curve-number-Modell..... | 111 |
| Tab. 10: Anteil der Landnutzungstypen an der Einzugsgebietsfläche und am Gesamtabfluss des Regens vom 01.06.2016 (Mittelwerte von 44 RADOLAN-Rasterzellen mit der jeweiligen Nutzungsverteilung) | 112 |
| Tab. 11: Abflussgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses innerhalb einer Nutzungseinheit bei verschiedenen Bodennutzungen im Bereich des flächenhaften Abflusses und nach Zusammenfluss in Hangmulden, in denen sich der Abfluss konzentriert. Berechnung mit Hilfe der Gauckler- Manning-Strickler-Gleichung. Die Modellannahmen hydraulischer Radius R, Hangneigung und Rauigkeitsbeiwert k_{GMS} sind angegeben..... | 114 |
| Tab. 12: Abflussgeschwindigkeit in Gerinnen der landwirtschaftlichen Flur, berechnet mit Hilfe der Gauckler-Manning-Strickler-Gleichung jeweils für eine Sohlneigung von 1 % und gleiche Abflussmenge pro Zeiteinheit (32 m ³ /min)..... | 115 |

1 Einführung

Außergewöhnlich heftige Starkregen haben im Mai und Juni 2016 in außergewöhnlich vielen Gebieten Bayerns Bodenabschwemmungen, Sturzfluten und Überschwemmungen ausgelöst. Die materiellen Schäden überschreiten nach Schätzungen die Milliarden-Euro-Schwelle. Im südlichen Landkreis Rottal-Inn war der Tod von sieben Menschen zu beklagen.

Die vorliegende Dokumentation führt Beobachtungen im Gelände und Datenauswertungen zur Intensität und räumlichen Verbreitung der Starkregen sowie zur Landnutzung einiger Starkregengebiete zusammen, vornehmlich in Südostbayern und ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Unter welchen Bedingungen kam es zu Bodenabschwemmungen? Wo kam es zu Oberflächenabfluss? Welche Wege bahnten sich Wasser und Schlamm? Welche Rolle spielte dabei der verbreitete Maisanbau? Wie haben sich verschiedene Anbauverfahren unter den extremen Stressbedingungen bewährt?

Die Beantwortung dieser Fragen ist von großer Bedeutung. In der Presse wurde die Verantwortung der Landwirtschaft mehr oder weniger pointiert angesprochen, in der Kritik stand insbesondere der Maisanbau. Manche Landwirte waren angesichts der Schäden in der Flur resigniert. Man könne nichts machen, wenn die Naturgewalten derart massiv zuschlagen. Mit etwas Abstand und mit nüchternem Blick auf die Fakten ist nun die Debatte zu führen, welcher Anpassungsbedarf bei Bewirtschaftungsverfahren, Flurgestaltung, Schlaggrößen, Entwässerungs- oder Wasserrückhaltesystemen besteht und wie diese Anpassung erreicht werden kann. Die folgende Dokumentation und Analyse will diese Debatte mit Fakten unterstützen.

2 Großwetterlage Ende Mai bis Mitte Juni 2016

Autor: Dr. Harald Maier, DWD, Niederlassung Weihenstephan

Als Großwetterlage wird eine mittlere Luftdruckverteilung verstanden, die mindestens 3 Tage anhält und ein größeres Gebiet der Erde, z.B. Europa beeinflusst. Sie bestimmt den Charakter eines Witterungsabschnittes. Für das Witterungsgeschehen seit Donnerstag den 26. Mai 2016 war vor allem die Großwetterlage Tief Mitteleuropa verantwortlich, dessen Persistenz durch ein blockierendes Hoch über Skandinavien gestützt wurde. Charakteristisch war ein beständiger Trog in der Höhe (Höhentief), unter dem mehrere Bodentiefs lagen. Dies führte zu einer instabil geschichteten, feuchtwarmen Atmosphäre und zu wiederholten und verbreitet auftretenden Gewittern. Wegen einer schwach ausgeprägten horizontalen Strömung in der mittleren Troposphäre waren die Gewitter fast stationär, so dass hohe Niederschlagssummen über begrenzten Gebieten begünstigt wurden. Ausmaß und Andauer des Unwettergeschehens waren außergewöhnlich (Ziese et al. 2016, Piper et al. 2016). Die Wetterlage herrschte an 10 von 14 Tagen und davon an sieben aufeinanderfolgenden Tagen.

Am 05.06. 2016 verlagerte sich das Höhentief nach Osteuropa. Die Atmosphäre blieb aber weiterhin labil geschichtet. Am 06.06. zeigte sich zunächst die Sonne, nachmittags bildeten sich Quellwolken und nachfolgend an den östlichen Mittelgebirgen erneut Gewitter. Am 07.06 blieb es größtenteils trocken. In der Nacht zum 08.06. zog ein Bodentief über Bayern und brachte vor allem in der Südhälfte Dauerregen, der von Gewittern durchsetzt war. Am 09.06. zog eine Kaltfront von Nordwesten nach Niederbayern. Vor allem am Alpenrand und in den Alpen fiel schauerartiger Regen. In der Nordhälfte blieb es dagegen

trocken. Am 10.06. sorgte ein Zwischenhoch für trockene Bedingungen, viel Sonne und Temperaturen bis 26 °C. Aber bereits am Abend des 11.06. und in der Nacht zum 12.06. geriet Bayern wieder unter Tiefdruckeinfluss. Bis Mitte Juni herrschte unbeständiges Schauerwetter.

Wie sind nun die Niederschlagsmengen vom 31.5. und 1.6.2016 in Simbach einzuordnen?

Dazu wurden die gemessenen Niederschlagssummen in ein sogenanntes Matsumoto Diagramm (doppelt logarithmische Darstellung) eingezeichnet (Abb. 1).

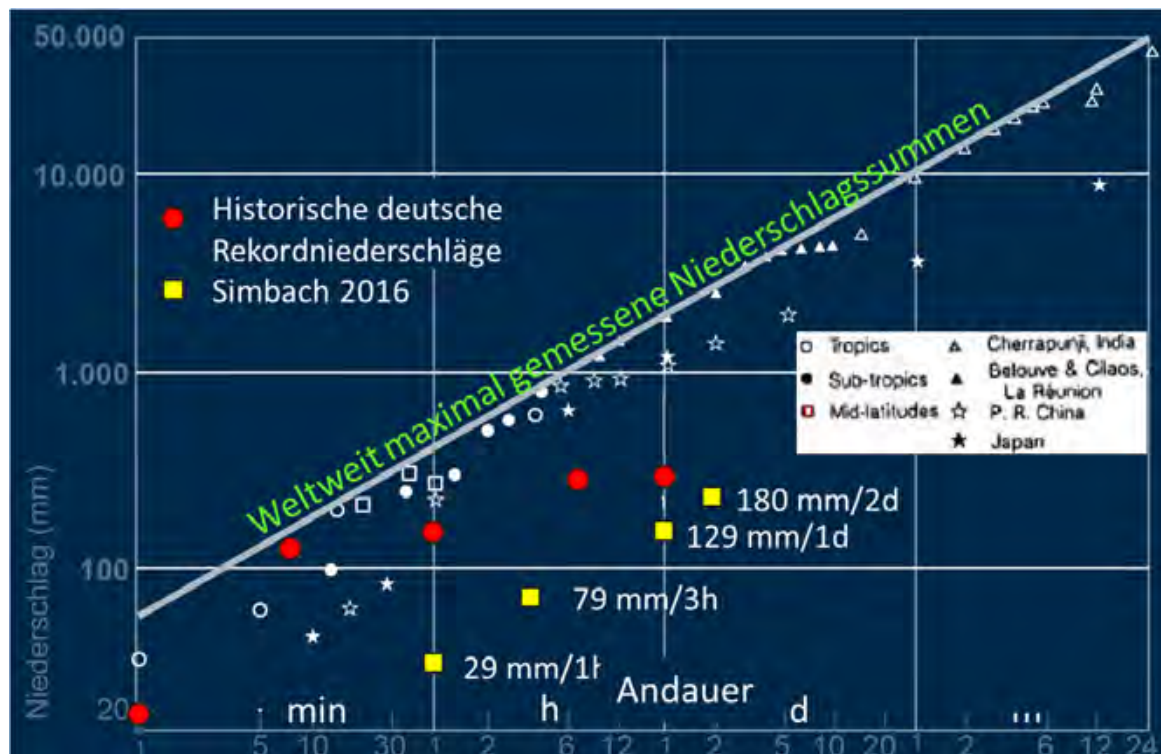


Abb. 1: Matsumoto-Diagramm: Maximale Niederschlagssummen nach Dauerstufen im Vergleich. Quelle: Rudolph & Rapp 2003, Becker 2016

In das doppellogarithmische Diagramm sind die weltweit maximal gemessenen Niederschlagssummen für unterschiedliche Dauerstufen eingetragen. Es ist deutlich zu erkennen, dass auch in den Mittelbreiten hohe Starkniederschläge geringer Dauer auftreten. Der rote Punkt in der linken Spalte der Grafik für die minütigen Dauerstufen repräsentiert den höchsten in Deutschland gemessenen Starkniederschlag. Er stammt vom 25.05.1920, als in Füssen innerhalb von 8 Minuten 126 mm fielen.

Der höchste Niederschlag innerhalb von 24 Stunden wurde von 12. auf 13. August 2002 in Zinnwald-Georgenfeld gemessen und betrug 353 mm. Deutschlandweit sind heute schon Tagesniederschläge von 400 mm möglich, denn sie wurden bereits in den mittleren Breiten gemessen. Für den östlichen Teil der Bayerischen Alpen sind nach einer Studie des Deutschen Wetterdienstes sogar 800 mm möglich. Die Abschätzung erfolgte auf der Basis der in der Region beobachteten Extremwerte, der regionalen Geländeform (Orografie) sowie Vorgaben für Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit.

Die Niederschlagsmengen von Simbach waren also sehr beachtlich, erreichten aber nicht die in Deutschland gemessenen Rekordniederschläge.

3 Starkregen im Mai und Juni 2016

Die folgende Auswertung der Niederschläge in Bayern betrifft den Zeitraum von 01.05.2016 bis 30.06.2016. Verwendet wurden vom DWD im Rahmen einer Projektzusammenarbeit mit der DWD-Niederlassung Weihenstephan zur Verfügung gestellte flächendeckende, an Stationsdaten angeeichte RADOLAN-Niederschlagsdaten mit räumlicher Auflösung von 1 km² und zeitlicher Auflösung von 1 Stunde bzw. 5 Minuten. Es wurden tagesaktuelle RADOLAN-Daten verwendet, die noch keine RADOLAN-Reanalyse durchlaufen hatten. Die Randbedingungen der RADOLAN-Messung sind zu beachten (Bartels et. al. 2004). Stundenniederschläge sind in unserer Auswertung die Summe der Niederschläge von einer Stunde zur nächsten, und zwar beginnend jeweils 10 Minuten vor der vollen Stunde, also z.B. von 19:50 bis 20:49 Uhr. Ein Niederschlag von 40 mm zwischen 19:20 und 20:19 Uhr ergäbe bei gleichmäßiger Regenintensität einen maximalen Stundenniederschlag von 20 mm.

Abb. 2 zeigt die aufsummierten RADOLAN-Niederschlagssummen der beiden Monate Mai und Juni 2016 in Bayern. Die höchsten Niederschlagssummen betreffen wie zu erwarten das Alpenvorland mit vorherrschender Grünlandnutzung. Dort werden in den beiden Monaten Mai und Juni bereits flächendeckend Niederschlagssummen von 400 mm überschritten. In den Alpentälern unterschätzt der RADOLAN-Niederschlag den realen Niederschlag wegen der orographischen Abschattung.

Gebiete, die von Starkregen betroffen waren, werden erst auf den Karten der maximalen Tages- und Stundenniederschläge sichtbar (Abb. 3, Abb. 4). Maximale Stundenniederschläge über 20 mm traten weit verbreitet auf, Spitzenwerte überschreiten 60 mm. Die Verteilungsmuster maximaler Tages- und Stundenniederschläge gleichen sich. Kurze und heftige Gewitterregen mit sehr hoher Regenintensität prägten also das Wettergeschehen. Eine Ausnahme bildet das Regenereignis im südlichen Landkreis Rottal-Inn. Hier summierten sich über viele Stunden anhaltende Niederschläge hoher (aber nicht extrem hoher) Intensität zu Gesamtmengen bis zu 140 mm. Ein Tagesniederschlag mit Regenmengen zweier durchschnittlicher Monate prägte dieses Ereignis.

Die dann folgende Karte (Abb. 5) hebt nur mehr die Gebiete hervor, deren Tages- oder Stundenmaxima eine Wiederkehrzeit (Jährlichkeit) von 10 bzw. 100 Jahren erreichen oder überschreiten (nach KOSTRA-DWD 2010). Hauptbetroffen sind Schwaben, Niederbayern und Mittelfranken, dort liegen ganz überwiegend die Gebiete mit Jährlichkeiten von 100 Jahren und mehr. Kleinere Gebiete mit Jährlichkeiten von zehn bis 100 Jahren sind aber auch in den anderen Regierungsbezirken ausgewiesen.

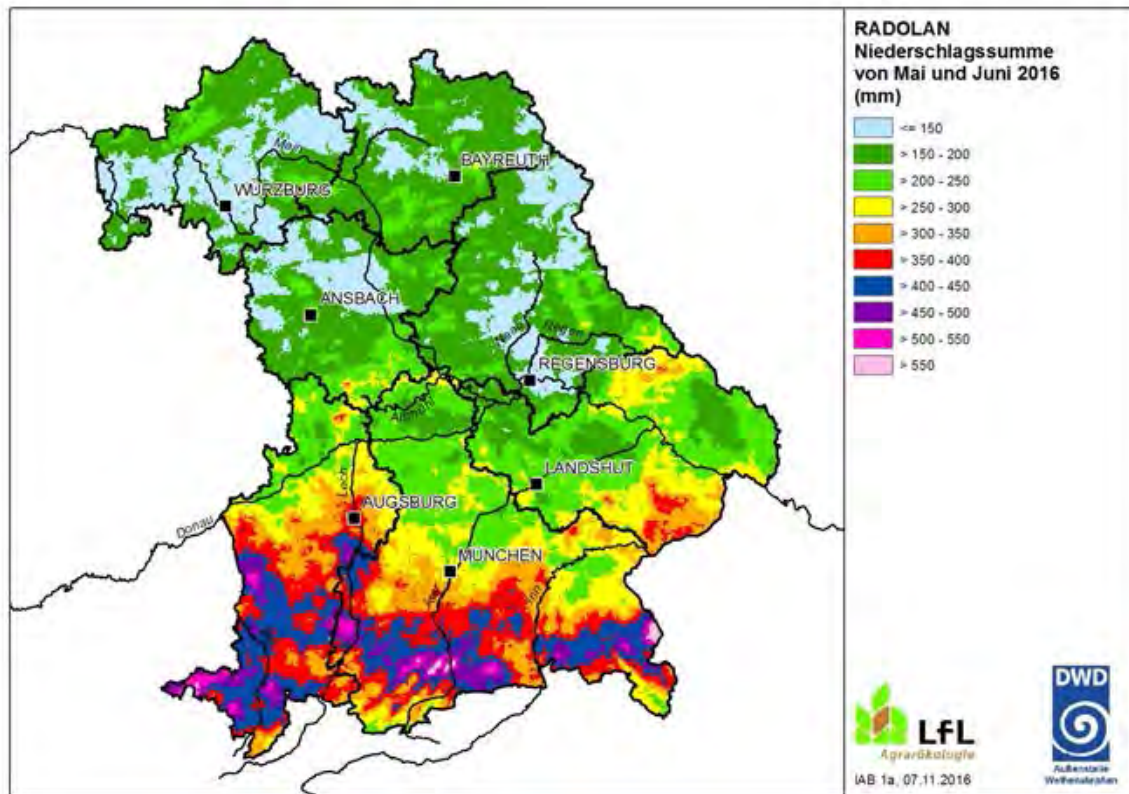


Abb. 2: RADOLAN-Niederschlagssummen im Zeitraum vom 01.05. bis 30.06.2016

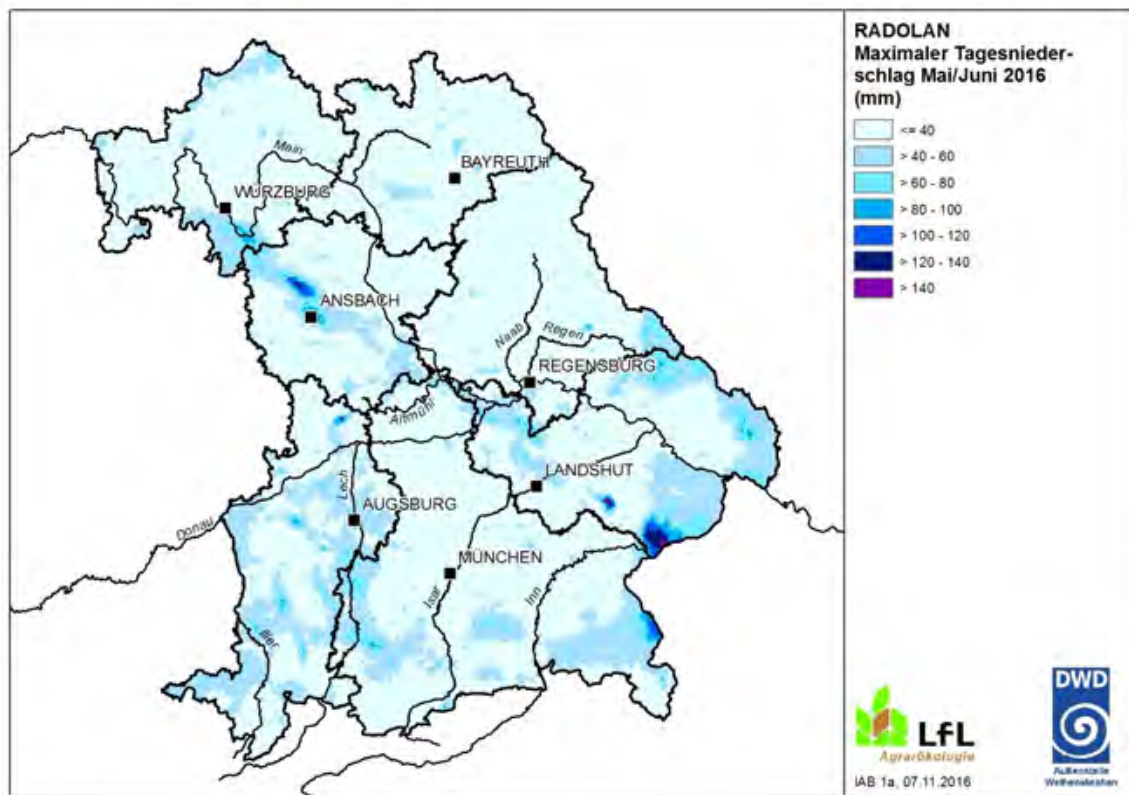


Abb. 3: Maximale Tagesniederschläge im Mai und Juni 2016 in Bayern

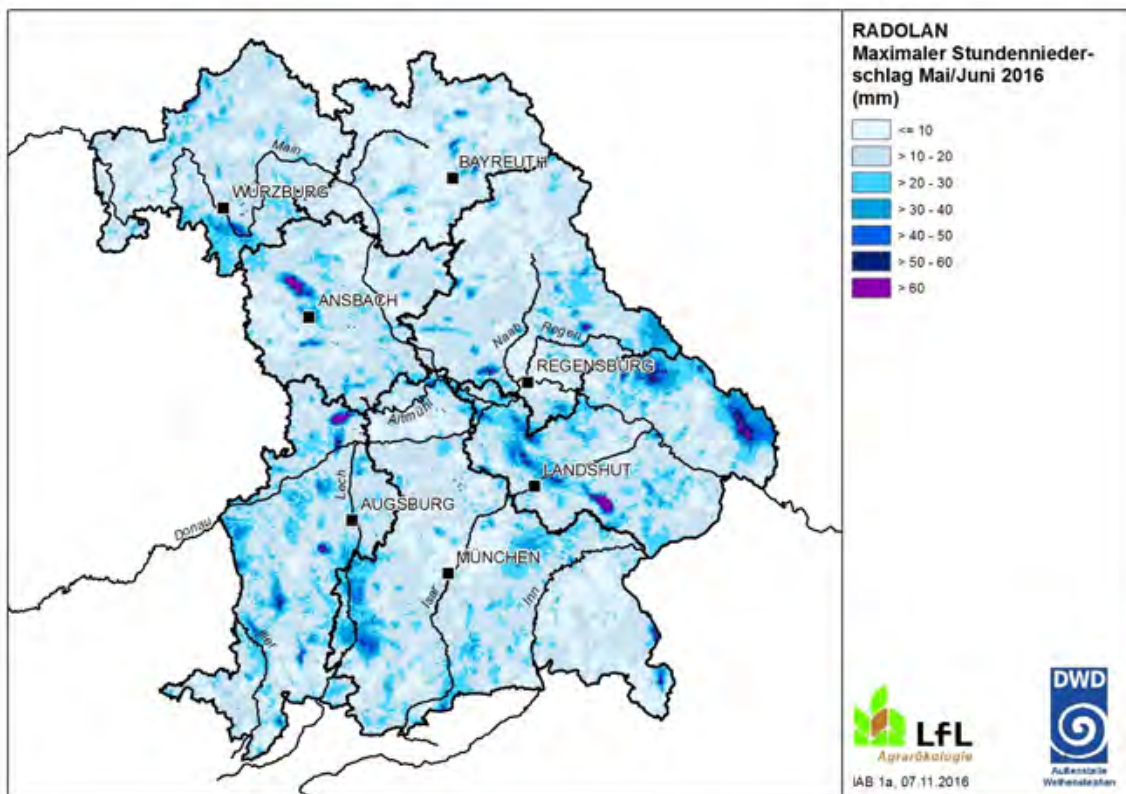


Abb. 4: Maximale Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016 in Bayern

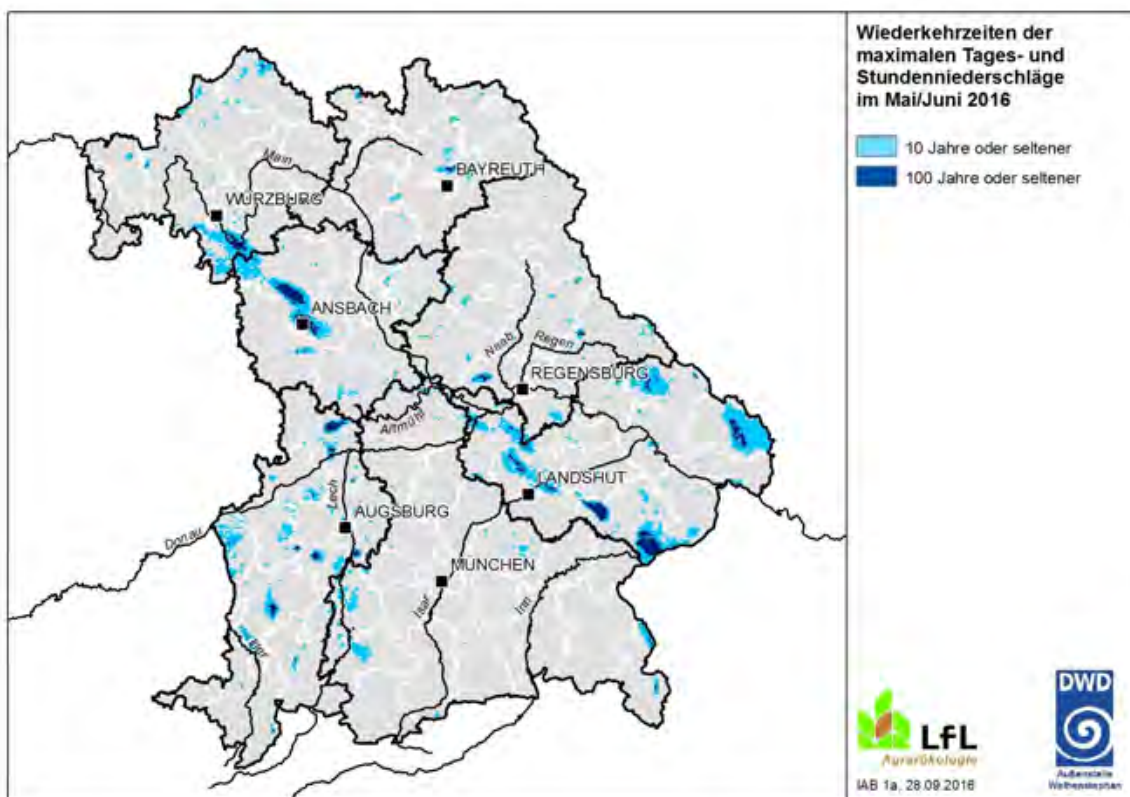


Abb. 5: Jährlichkeit der maximalen Tages- und Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016, berechnet nach KOSTRA-DWD, 2010

4 Erosivität der Niederschläge

Um erosive Starkregen aus dem Datenpool herauszufiltern, berechneten wir die Regenerosivität als R-Faktor nach Vorgaben der ABAG (Allgemeine Bodenabtragungsgleichung). Als erosiv werden Regenereignisse bezeichnet, welche eine Gesamtniederschlagsmenge von mindestens 10 mm oder eine maximale 30-Minuten-Regenintensität ($I_{\max 30}$) von mehr als 10 mm/h aufweisen. Das erosive Potenzial dieser Regen wird durch das Produkt der kinetischen Energie des Regenereignisses und der maximalen 30-Minuten-Intensität quantifiziert ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{mm/h}$, entspricht N/h). Erosive Regen verfügen über ausreichend Kraft, um Bodenerosion zu verursachen. Die Berechnung der Regenerosivität (R-Faktoren) beruht auf korrigierten 5-Minuten-Niederschlägen (Fischer et al. 2016).

Die R-Faktoren eines durchschnittlichen Jahres in Bayern erreichen etwa 50 N/h (Unterfranken) bis 100 N/h (Bayerischer Wald, Alpenvorland). Die Tatsache, dass sich für die beiden Monate Mai und Juni 2016 insbesondere in der südlichen Hälfte von Bayern großflächig R-Faktoren von über 50 und gebietsweise über 100 errechneten, verweist auf die Außergewöhnlichkeit des Niederschlagsgeschehens mit enormem erosiven Potenzial (Abb. 6).

Die Summe der Erosivitäten von Mai und Juni 2016 liegt für Bayern (70.553 km^2) im Mittel aller 1 km^2 -Zellen bei 49,5 N/h. Für 2011 und 2012 liegen uns Vergleichsdaten zum R-Faktor vor. 2011 lag der aufsummierte mittlere R-Faktor der Monate Mai und Juni bei 34,4, 2012 bei 27,5. Wie die Abb. 7 und Abb. 8 zeigen, lag der räumliche Schwerpunkt der Regenerosivität in den Jahren 2011 und 2012 im Alpenvorland. Hohe Regenerosivitäten traten ansonsten vereinzelt auf.

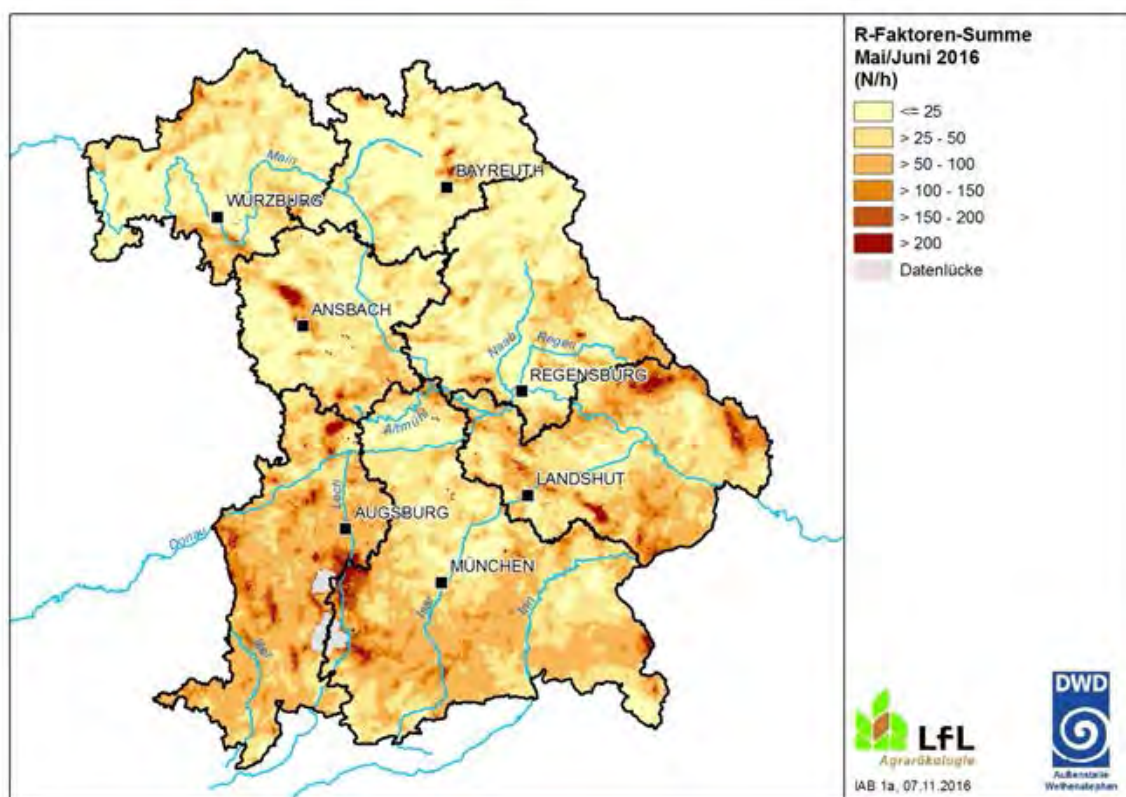


Abb. 6: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2016

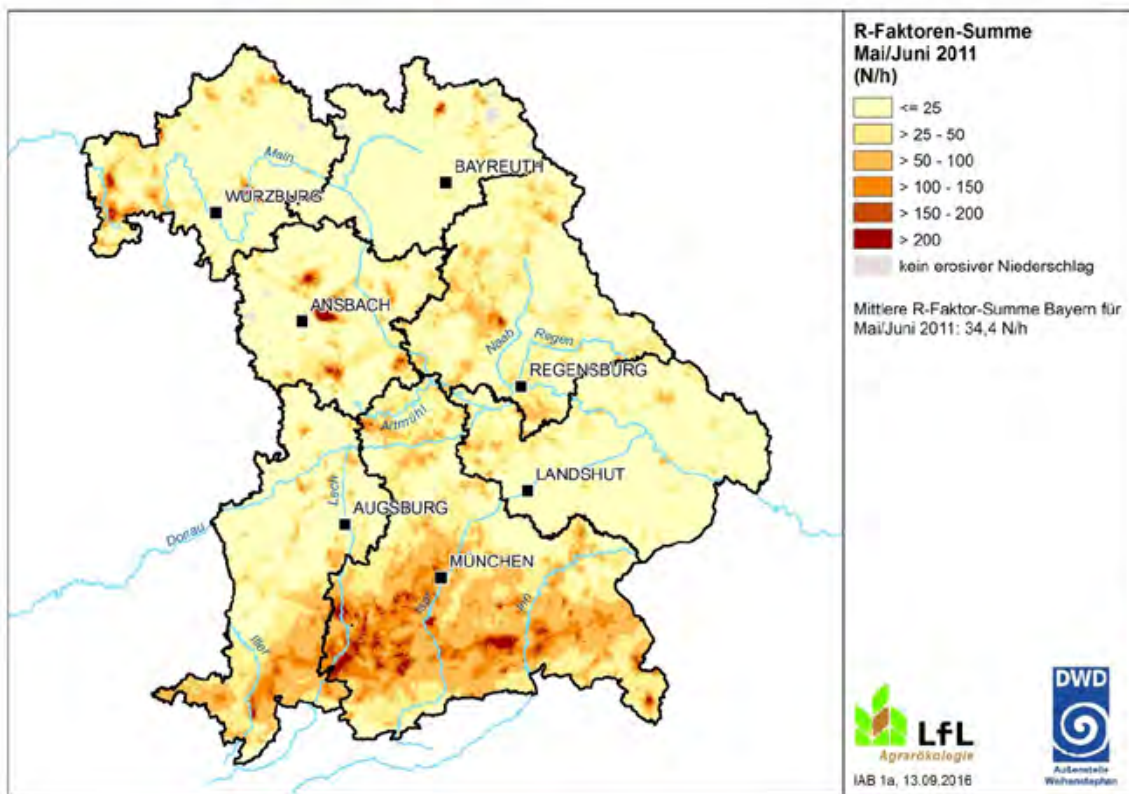


Abb. 7: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2011

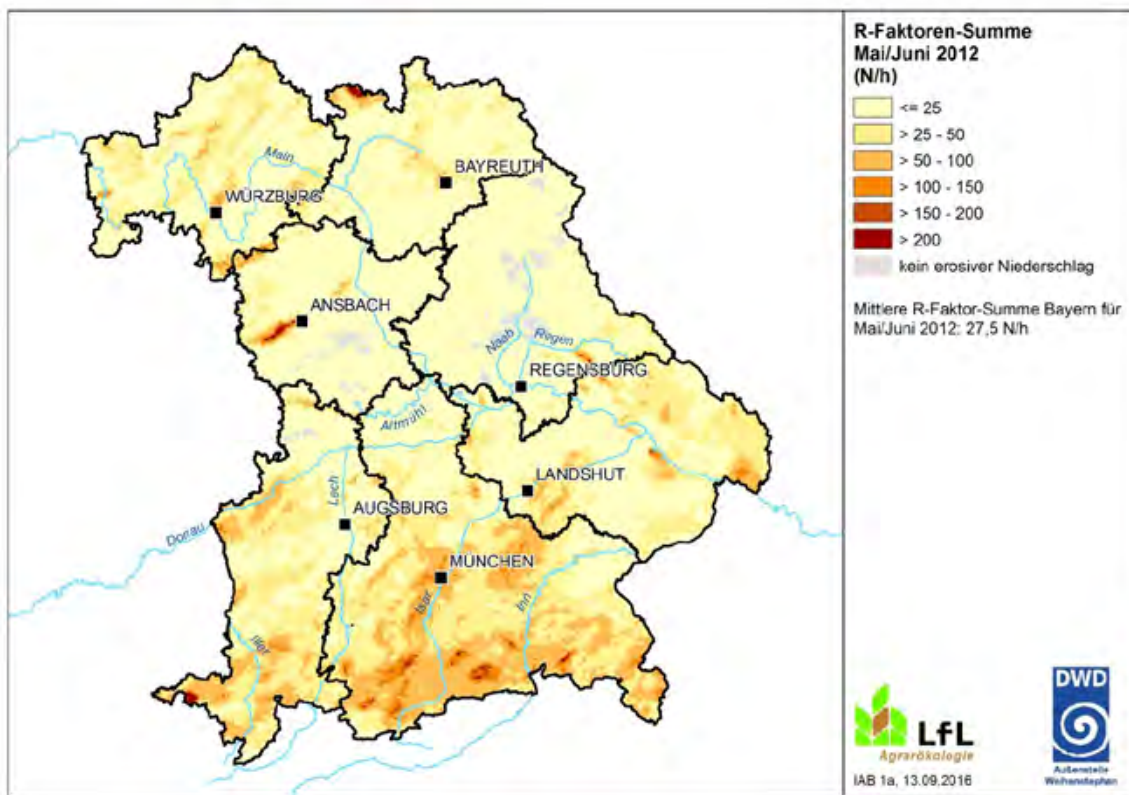


Abb. 8: Aufsummierte Regenerosivität (N/h) der Niederschläge im Mai und Juni 2012

Für das Hauptrisikogebiet für Bodenerosion, das Tertiärhügelland (Abb. 10 und Abb. 11), konnten die R-Faktoren der Monate Mai und Juni 2016 auf Basis der Feldstudie „Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen“ (Kistler et al. 2013) mit dem gleichen Zeitraum der Jahre 2011 und 2012 noch detaillierter verglichen werden. Die mittlere Summe der Erosivität aller 1 km²-Zellen im Mai und Juni für das Tertiärhügelland lag im Jahr 2016 mit 53,1 N/h etwa doppelt so hoch wie in den Vergleichsjahren 2011 und 2012 (Tab. 1). Beim Vergleich der Extremereignisse mit R-Faktoren je 1 km²-Zelle ≥ 70 (entspricht bei 700 mm Jahresniederschlag in etwa einer Jährlichkeit von 10 Jahren und mehr) und R-Faktoren > 125 (entspricht in etwa einer Jährlichkeit von über 100 Jahren) wird der Abstand zwischen 2016 und den Vergleichsjahren noch wesentlich größer.

Tab. 1: Kennzahlen von R-Faktoren im Tertiärhügelland, Monate Mai und Juni

| Jahr | R-Mittelwert (N/h) | R ≥ 70 (Anzahl Fälle) | R > 125 (Anzahl Fälle) |
|------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 2011 | 23,8 | 55 | 0 |
| 2012 | 27,4 | 160 | 6 |
| 2016 | 53,1 | 931 | 291 |

Schließlich wurden für die R-Faktoren der Monate Mai und Juni im Jahr 2016 die Wiederkehrzeiten berechnet (nach Auerswald, unveröffentlicht), siehe Abb. 9. Der Flächenanteil mit Jährlichkeit von 10 Jahren und darüber ($R \geq 70$) liegt bei 5 % der Gesamtfläche Bayerns. Die identifizierten Gebiete mit Jährlichkeiten von 10 Jahren und darüber bzw. von 100 Jahren und darüber stimmen sehr gut mit den entsprechenden Gebieten aus Abb. 5 überein. Dort bildeten die maximalen Tages- und Stundenwerten die Datenbasis.

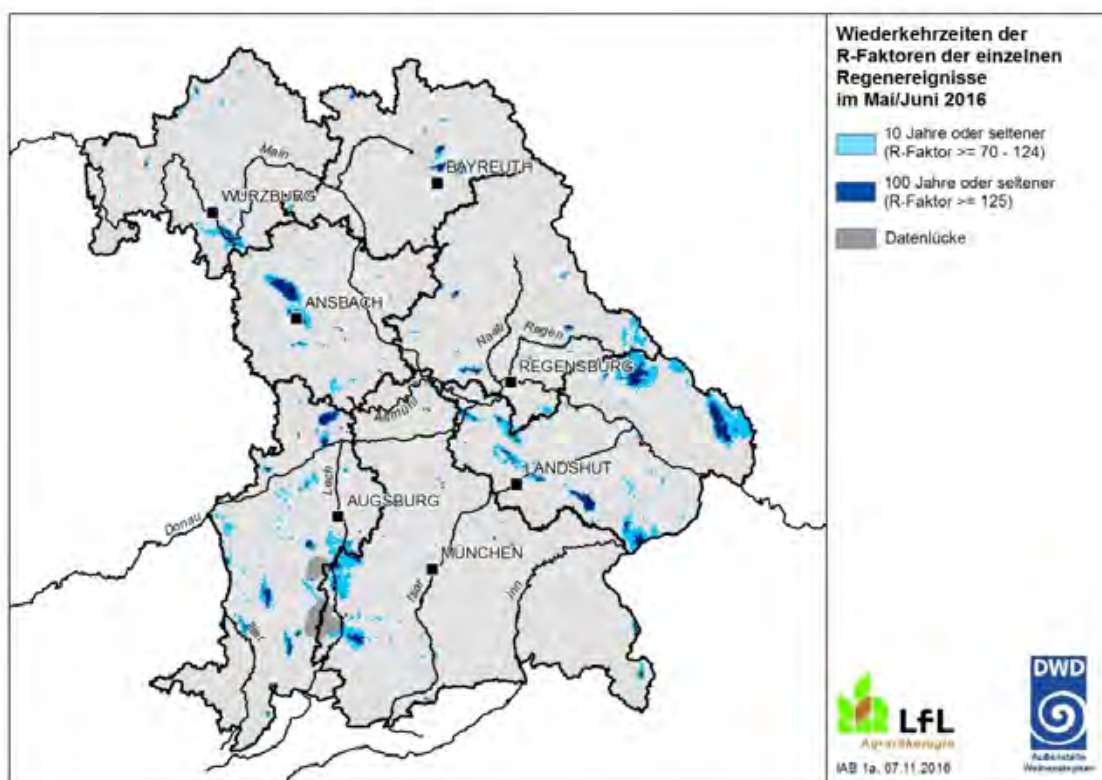


Abb. 9: Jährlichkeit der R-Faktoren-Summen der Monate Mai und Juni im Jahr 2016

5 Risikogebiete für Bodenerosion

Im „Erosionsatlas Bayern“ der LfL sind die Gebiete mit hoher Erosionsanfälligkeit ausgewiesen (siehe LfL-Homepage). Eingangsdaten sind die mittlere langjährige Regenerosivität, die Erodierbarkeit der Böden, die Hangneigung, die Hanglänge und die Bewirtschaftung (Anteil von Mähdruschfrüchten, Reihenkulturen und KULAP-Mulchsaat an der Ackerfläche je Gemeinde). Die Karten zeigen Mittelwerte für Gemeinden. Der Bodenabtrag der Ackerflächen kann je Gemeinde allein für die Ackerflächen dargestellt werden wie in Abb. 10, hier bestimmen ggf. sehr wenige, stark erosionsgefährdete Ackerflächen in einem Grünlandgebiet die Einstufung der Gemeinde. Das Tertiärhügelland tritt mit hohen mittleren Bodenabträgen dennoch deutlich hervor. Hanglagen, leicht erodierbare Böden, Dominanz des Ackerbaus, teils mit Sonderkulturen (Hopfen), dazu der verbreitete Maisanbau und ein meist geringer Grünlandanteil ergeben eine hohe Erosionsgefährdung mit dem damit verbundenen Risiko für Off-Site-Schäden (Gewässer, Verkehrswege, Siedlungen).

Im Fokus der aktuellen Diskussionen um Schlammablagerungen und Hochwasser steht der Maisanbau. Nach der Maissaat bieten die Maispflanzen kaum Bodenbedeckung. Das Blätterdach schließt sich – je nach klimatischer Lage – erst im Verlauf des Monats Juni. Effektive Mulchsaatverfahren sollen diese Lücke schließen. Weitere Kulturen mit späterer Aussaat im Frühjahr wie Kartoffeln, Soja oder auch Zuckerrüben sind ebenfalls erosionsanfällig. Sie werden aber in geringerem Umfang angebaut, Zuckerrüben und Kartoffeln zudem überwiegend nicht im Hügelland. Lokal kommt es jedoch auch bei diesen Kulturen immer wieder zu Bodenabschwemmungen, auch 2016 war dies der Fall.

Legt man den Fokus auf die großräumige Gefährdung von Gewässern, Siedlungen etc. durch erosionsbedingte Schlammablagerungen, dann bietet eine Bodenabtragskarte Vorteile, die den Abtrag aus den Ackerflächen auf die Gesamtfläche der Gemeinde bezieht (Acker + Grünland + Wald + Siedlungen etc.), wie in Abb. 11. Gemeinden mit geringem Anteil an Wald und Grünland aber hohem Anteil an Ackerland und insbesondere an Mais treten dann mit den höchsten Bodenabträgen in den Vordergrund. Gebiete im südlichen Tertiärhügelland und die Hallertau (hier ist der Hopfenanbau Ursache der hohen errechneten Bodenabträge) sind besonders betroffen.

Wie wir in Kapitel 6 zeigen werden, fällt gerade das Simbach-Einzugsgebiet nicht in die Kategorie mit den höchsten mittleren langjährigen Bodenabträgen. In der Gemeinde Simbach, deren Flächenumfang einen wesentlichen Teil des Simbach-Einzugsgebiets umfasst, liegt der auf die Gemeindefläche bezogenen langjährige mittlere Bodenabtrag bei 1,7 t/ha (Abb. 12 mit einem Ausschnitt von Abb. 11). In anderen Gebieten ist das Erosionsrisiko deutlich höher. Abb. 13 zeigt die entsprechenden Bodenabträge für den Landkreis Landshut mit den Einzugsgebieten, die in Kapitel 6.2 näher untersucht werden.

Die Bodenabträge in Abb. 10 und Abb. 11 sind, neben den naturräumlich bedingten Faktoren, stark durch den Anteil an Mais in der Fruchtfolge geprägt. Das erosionsmindernde Potenzial von Mulchsaatverfahren geht in die Berechnung mit ein. Abb. 14 zeigt analog zur Bodenabtragskarte den Anteil der Maisanbauflächen an der Gesamtfläche der Gemeinden. Dass nur ein Bruchteil des abgetragenen Bodens die Erosionsfläche verlässt, ist Stand des Wissens. Im Modell MONERIS (relevant für die Wasserrahmenrichtlinie) wird in Bayern mit einem Pauschalwert von 10 % des ABAG-Abtrags gerechnet, der ein Gewässer erreicht. Bei hoher, lang andauernder Niederschlagsintensität mit Aktivierung eines engmaschigen temporären Abflussnetzes in der Flur kann aber ein erheblich höherer Anteil aus dem Feld und auch aus dem Einzugsgebiet transportiert werden. Dies belegen die Beobachtungen in den Einzugsgebieten im südlichen Landkreis Rottal-Inn (Simbach u.a.).

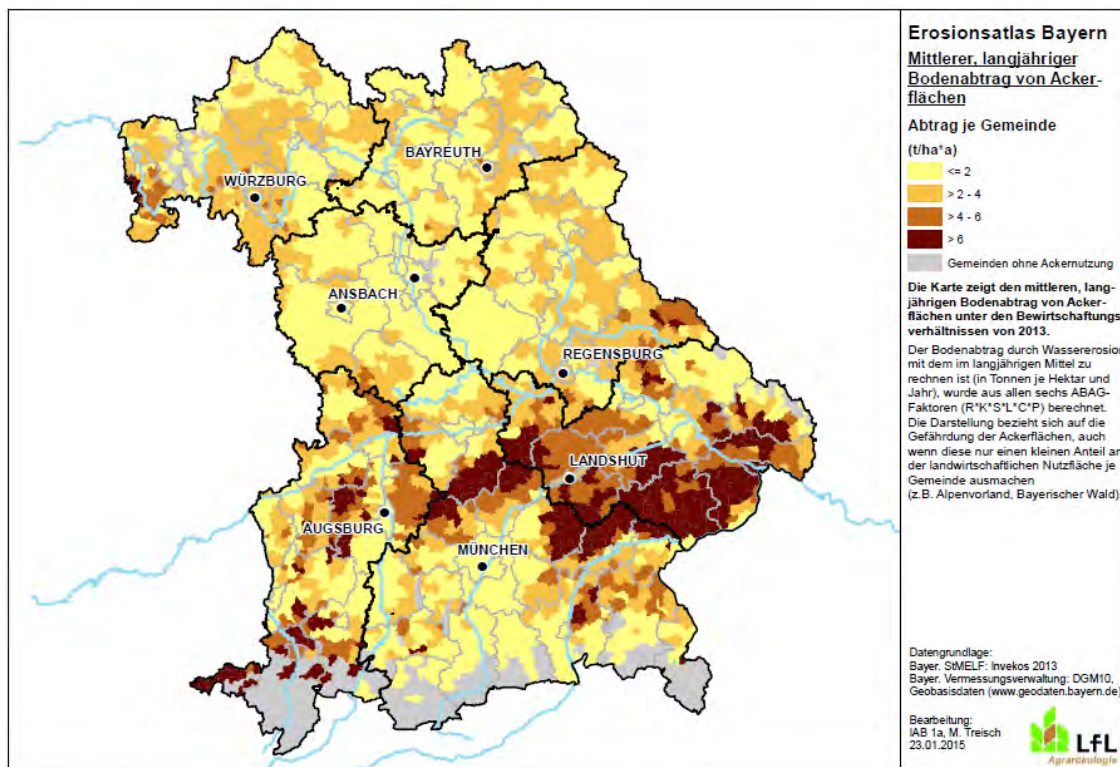


Abb. 10: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Ackerfläche je Gemeinde

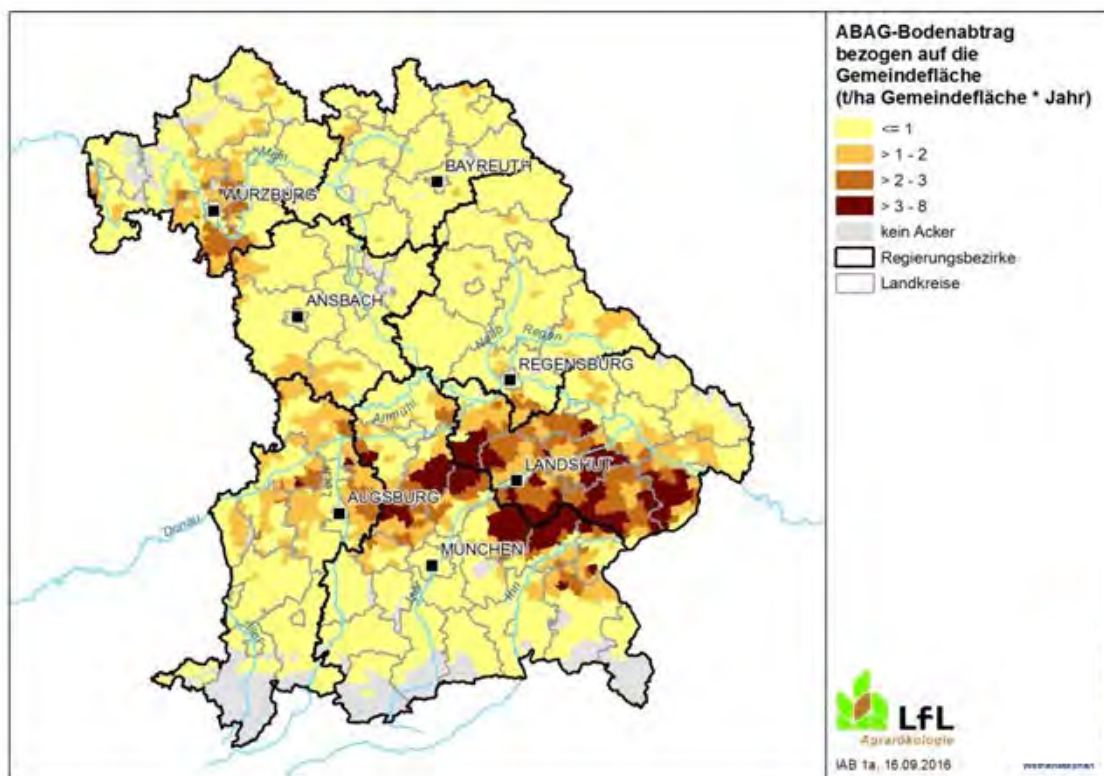


Abb. 11: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde

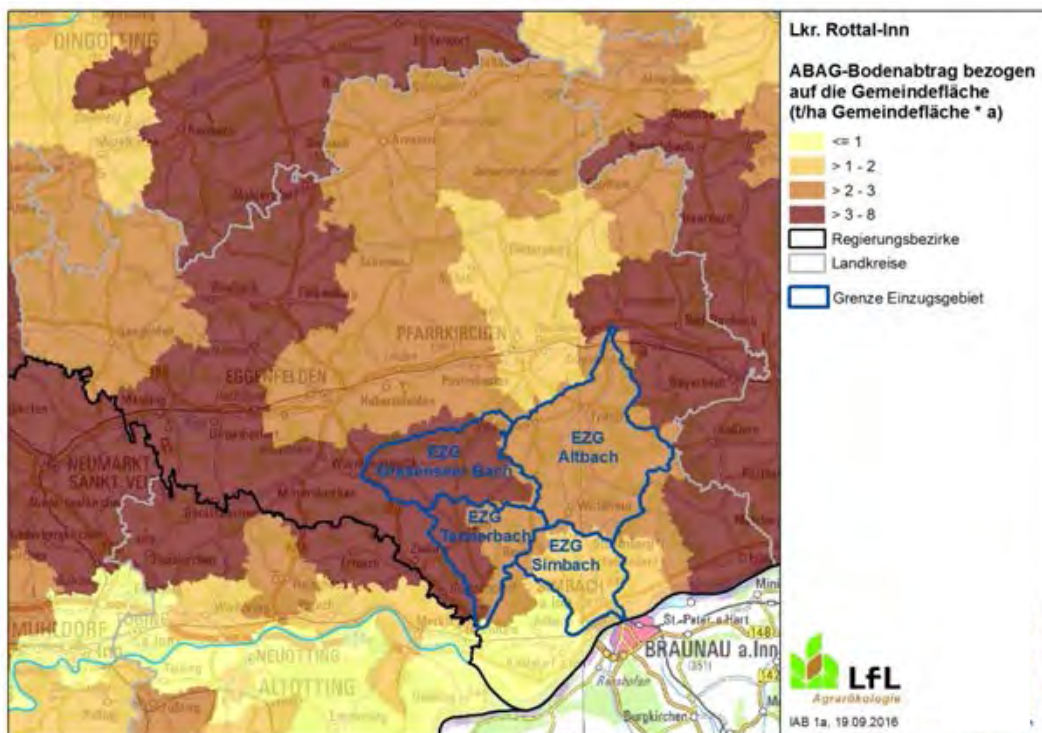


Abb. 12: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde, Ausschnitt für den Landkreis Rottal-Inn

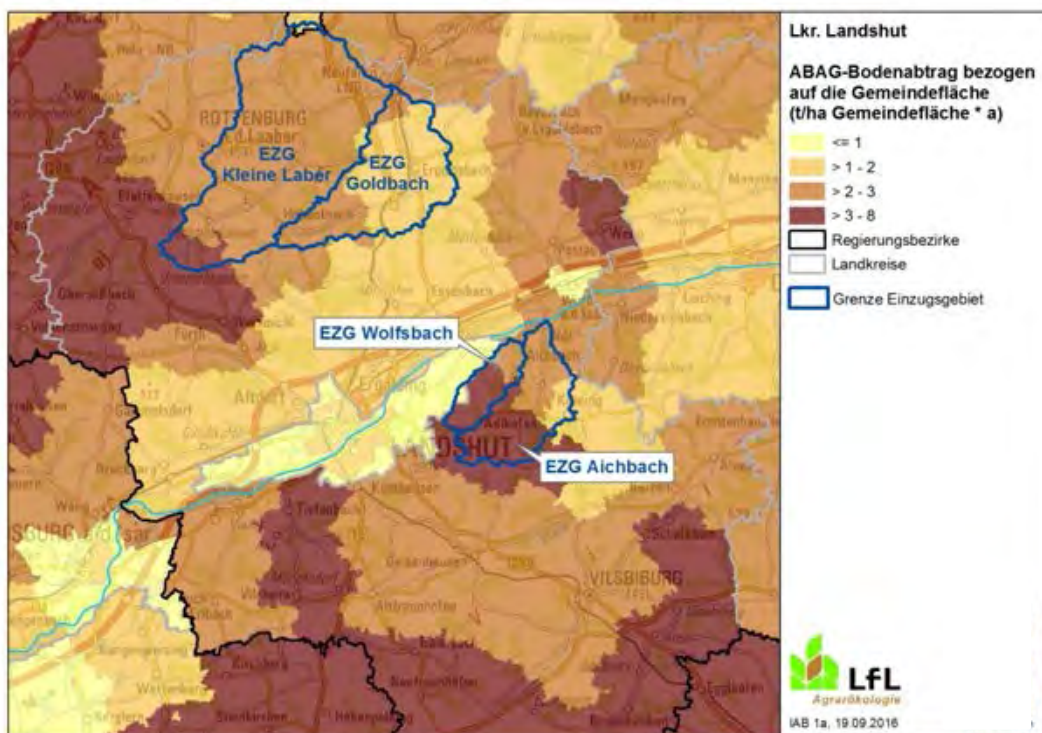


Abb. 13: Mittlerer langjähriger Bodenabtrag der Ackerflächen, mit ABAG berechnet, bezogen auf die Gesamtfläche je Gemeinde, Ausschnitt für den Landkreis Landshut

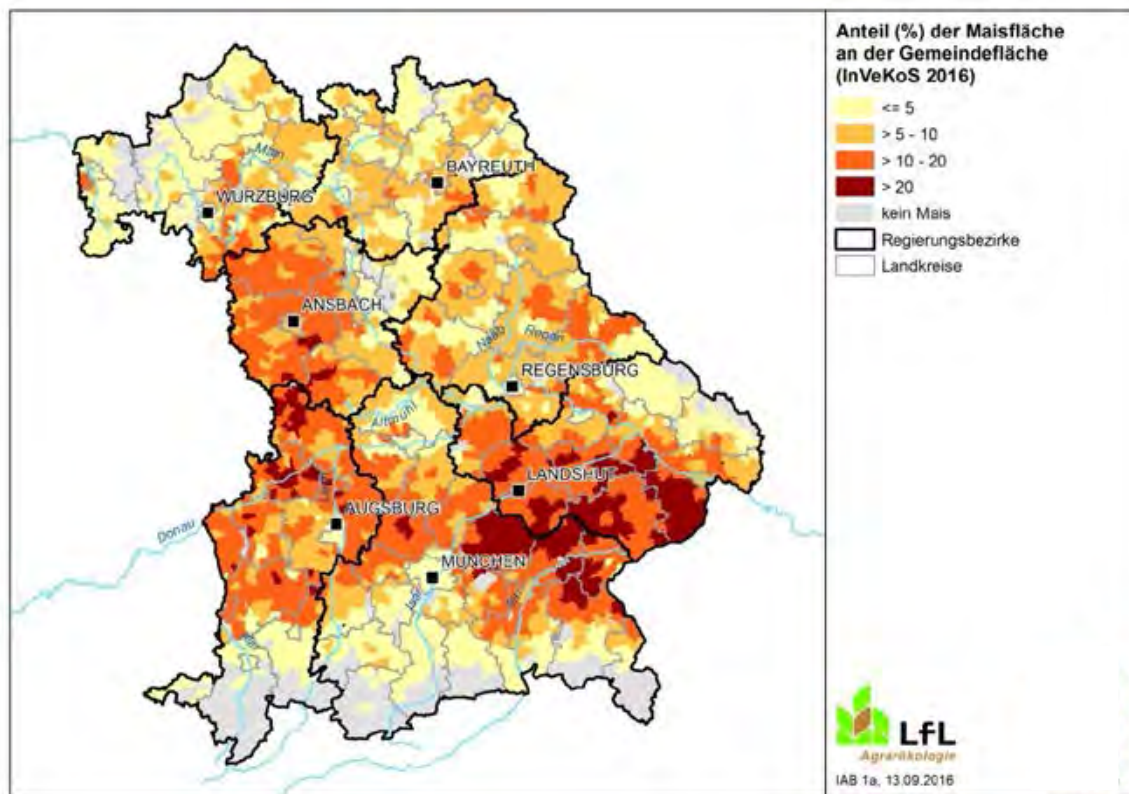


Abb. 14: Anteil von Mais an der Gesamtfläche der Gemeinden Bayerns im Jahr 2016

6 Analyse von betroffenen Gebieten

Markante erosive Regenerereignisse und Off-Site-Schäden wurden für die vorliegende Ausarbeitung in folgenden Gebieten (überwiegend sind es Einzugsgebiete von Bächen) genauer analysiert:

- 1) Einzugsgebiete von Simbach, Altbach (bis Anzenkirchen), Tannerbach, Grasenseer Bach, jeweils im südlichen Landkreis Rottal-Inn, Ereignis am 01.06.2016,
- 2) Einzugsgebiete von Aichbach und Wolfsbach im südlichen Landkreis Landshut, Ereignis am 29.05.2016,
- 3) Einzugsgebiete der Kleinen Laber und des Goldbachs jeweils bis Neufahrn i.NB, nördlicher Landkreis Landshut, Ereignis vom 29.05.2016,
- 4) Gebietsausschnitt zwischen Hemau und Laaber im Landkreis Regensburg, Hagelschlag am 28.05.2016,
- 5) Kleineinzugsgebiet oberhalb Windischhausen, Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen, Hauptereignis am 13.05.2016 mit weiteren folgenden Regengüssen,
- 6) Einzugsgebiete des Osterbachs und des Pfeffermühlbachs (bis Waldkirchen) im nördlichen Landkreis Passau, Ereignis vom 25.06. 2016.

In diesen Gebieten erfolgten mindestens einmal Geländebegehungen, die sich allerdings auf einzelne Punkte im Gelände beschränken mussten.

Für die Gebiete 1, 2, 3, und 4 konnten Luftbilder beauftragt werden. Die Luftbilder wurden am 4.6. (Gebiet Hemau – Laaber), am 6.6. (Landkreis Landshut) und am 7.6. (Landkreis

Rottal-Inn) aufgenommen. Die Luftbilder wurden nicht flächendeckend erstellt, die Aufnahmen geben markante Situationen wieder.

Massive Starkregen trafen einen Streifen von Ansbach bis Würzburg (Ereignis vom 29.05.2016). Es kam zu Überflutungen mit hohen Schäden und insbesondere im Ochsenfurter Gau auch zu starken Bodenabschemmungen. In unsere Dokumentation konnten wir dieses Gebiet nicht aufnehmen.

Der nordwestliche Teil des Landkreises Rottal-Inn war bereits am 03.05.2016 von extrem hohen Niederschlägen betroffen. Die Erosionsschäden hielten sich aber in Grenzen. Viele Felder, die für den Maisanbau bestimmt waren, waren noch nicht eingesät und deshalb noch mit schützenden Zwischenfruchtresten bedeckt. Die Regenfälle trafen zudem nur Teile von Einzugsgebieten, sodass keine kritische Hochwassersituation entstand.

Gebiete, die im Mai und Juni 2016 von Starkregen unterhalb einer Jährlichkeit von 10 Jahren und teils auch von erheblichen Bodenabschwemmungen betroffen waren, haben wir nicht in die vorliegende Dokumentation aufgenommen. In der LfL-Feldstudie „Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen“ (Kistler et al. 2013) waren für die Jahre 2011 und 2012 bereits Ereignisse mit einer Jährlichkeit unter 10 Jahren umfassend dokumentiert und quantitativ ausgewertet worden.

Die folgende Auswertung konzentriert sich nun auf die sechs in Abb. 15 markierten Gebiete. Sie werden jeweils eingeleitet durch Presseberichte kurz nach den Ereignissen.

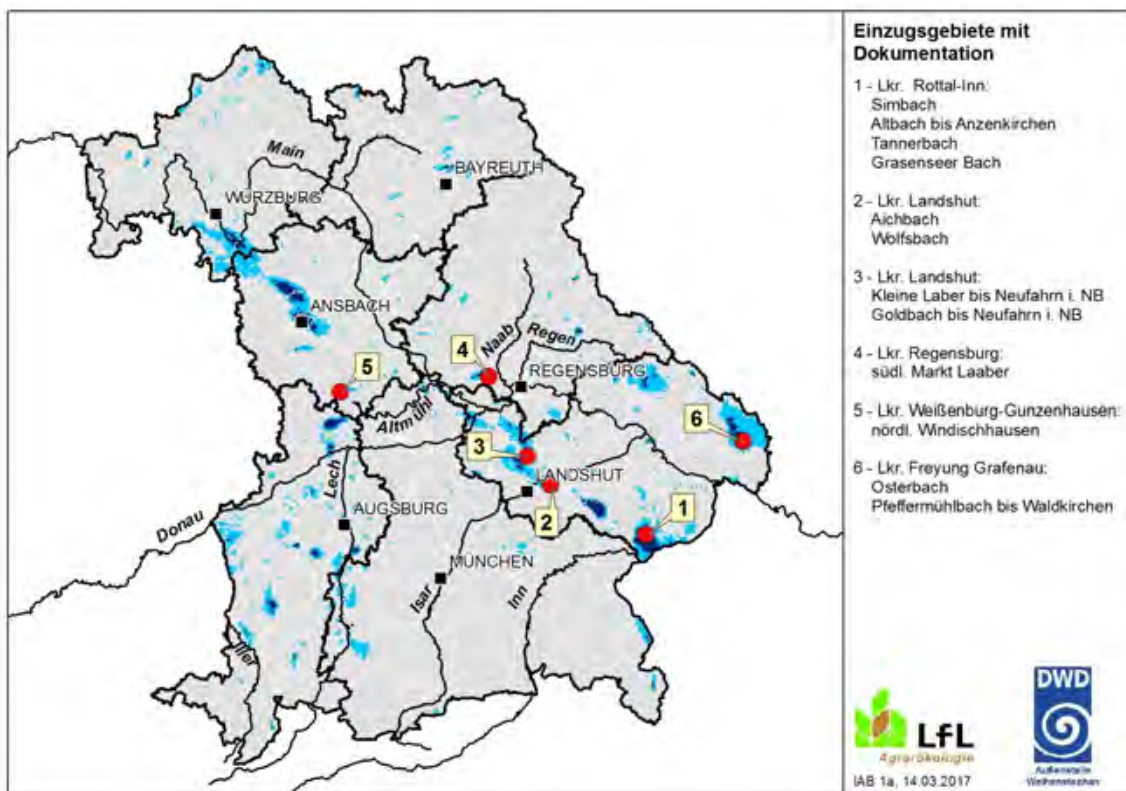


Abb. 15: Lage der 6 Gebiete mit Beobachtungen und Analysen. Hintergrundkarte: Jährlichkeiten der Tages- und maximalen Stundenniederschläge aus Abb. 5

6.1 Lkr. Rottal-Inn: Simbach, Altbach, Tannerbach, Grasenseer Bach

Süddeutsche Zeitung 3. Juni 2016, 11:45 Uhr, von Christian Sebald

<http://www.sueddeutsche.de/bayern/bodenerosion-der-mais-und-die-jahrtausendflut-1.3016759>

- **Hochwasser in Niederbayern**
- **Was der Mais mit der Jahrtausendflut zu tun hat**

Mindestens sechs Tote und Schäden in Millionenhöhe an einem Nachmittag – die Folgen des Hochwassers in Niederbayern sind verheerend. Im Zentrum steht nun die Frage, wie man so eine Katastrophe verhindern könnte. Klar ist schon jetzt, dass die industrielle Landwirtschaft eine wichtige Rolle dabei spielt. Gerade der intensive Maisanbau erhöht die Hochwassergefahr.

So eine Sturzflut wie am Mittwoch hat es in Bayern noch nie gegeben. Zumindest kann sich kein Experte an eine vergleichbare Katastrophe erinnern. Noch in der Nacht von Dienstag auf Mittwoch wurde am Pegel Simbach nur 50 Zentimeter Wasserstand gemessen. In den folgenden Stunden schwoll er allmählich an. Um 13:45 Uhr waren es bereits 2,52 Meter. Dann rollte die braune Welle heran, mit brachialer Gewalt. Um 14 Uhr, nur eine Viertelstunde später also, wälzten sich 4,80 Meter hohe Fluten durch Simbach. "Ein Ereignis von solcher Heftigkeit kommt statistisch gesehen alle tausend Jahre einmal vor", sagt Anton Steiner, "das hat keiner vorhersehen können."

Mindestens sechs Tote und Schäden in Millionenhöhe an einem Nachmittag – wie könnte man so eine Katastrophe verhindern? Zumal der Freistaat seit dem Pfingsthochwasser 1999 Jahr für Jahr Hunderte Millionen Euro in den Hochwasserschutz pumpt – bis 2020 werden es 3,4 Milliarden Euro sein. "Natürlich geben wir unser Bestes", sagt Steiner. "Aber es wäre eine Illusion, wenn wir der Bevölkerung einen hundertprozentigen Schutz gegen solche Katastrophen versprechen würden."

Sicher sind für die Experten nur zwei Dinge: Zum einen werden künftig sehr viel öfter Unwetter mit Niederschlägen von 50, 60 oder noch mehr Litern Regen pro Quadratmeter niedergehen als bisher. "Denn mit dem Klimawandel nehmen auch hierzulande alle sogenannten Extremereignisse zu", sagt Steiner. "Das gilt für Hochwässer genauso wie für Trockenperioden." Auch Bayerns Umweltministerin Ulrike Scharf (CSU) betonte am Donnerstag in Simbach, dass sie in Zukunft immer häufiger mit punktuellen und gleichsam aus dem Nichts kommenden Hochwässern rechnet.

Maisanbau erhöht die Hochwassergefahr

Zum anderen spielt bei diesen Katastrophen ganz offenkundig die industrielle Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Experten warnen schon seit Langem davor, dass gerade der intensive Maisanbau die Hochwassergefahr erhöht. Der Grund: Die Äcker, die inzwischen oft mehrere Hundert Meter Länge und Breite haben, liegen bis weit ins Jahr hinein mehr oder weniger blank da. Das Erdreich ist Niederschlägen nicht nur schutzlos ausgeliefert, sondern auch so schnell gesättigt mit Wasser, dass es nichts mehr aufnehmen kann.

Die Folge sind tonnenweise Erosionen, also Abschwemmungen von Erdreich. Sie verschlammten Bäche und kleine Flüsse. Dadurch können diese immer weniger Wasser aufnehmen und treten bei heftigen Niederschlägen schneller über die Ufer. Außerdem führen sie Unmengen an Sedimenten mit, die Kanalrohre und andere Abflüsse schnell verstopfen.

Niederbayern und vor allem die Gegend um Simbach und Triftern ist das Zentrum des Maisanbaus in Bayern. Experten zufolge summieren sich die Maisäcker im Landkreis Rottal-Inn, in dem die beiden Kommunen liegen, auf ungefähr 25 000 Hektar Fläche. Das ist ein Drittel des gesamten Agrarlandes in der Region. Aber es ist nicht nur die schiere Masse des Maisanbaus. Sondern auch das zum Teil sehr steile Hügelland, das die Erosion begünstigt.

Das niederbayerische Rottal zählt deshalb zu den vier Regionen Deutschlands, die am stärksten unter Erosion leiden. Dort gibt es Gebiete, in denen zehn Tonnen Humus pro Hektar Ackerland und Jahr abgeschwemmt werden. Zehn Tonnen je Hektar – das ist ein Kilogramm fruchtbarer Boden je Quadratmeter, der verloren geht.

Wenig verwunderlich also, dass Experten, aber auch Ortsansässige den industriellen Maisanbau als einen der Faktoren für die Katastrophe in Simbach ausmachen. Auch Agrarminister Helmut Brunner (CSU) kennt die Gefahr. Die Erosion der Agrarböden reduziere nicht nur deren Fruchtbarkeit, sagt er. "Sondern sie steigert auch die Hochwassergefahr."

Vor eineinhalb Jahren hat er deshalb die Initiative "Bodenständig" gestartet. Ihr Ziel ist nicht nur die Renaturierung der vielen begradigten und verrohrten Bäche und Flösschen in Bayern. Sondern auch die Anlage naturnaher Flutmulden und Grünstreifen entlang ihrer Ufer. Das Ziel: Die Boden-erosion durch den industriellen Ackerbau soll nicht noch schlimmere Ausmaße annehmen.

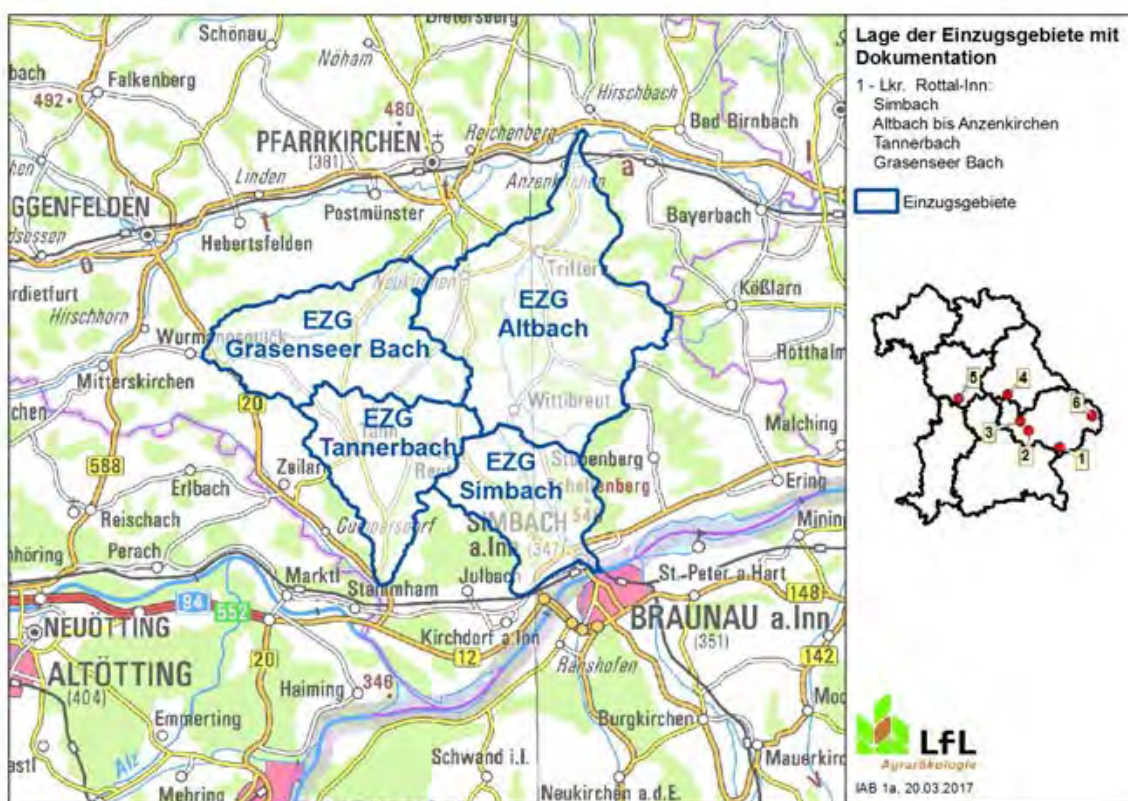


Abb. 16: Einzugsgebiete im südlichen Landkreis Rottal-Inn. Simbach und Tannerbach entwässern zum Inn, Altbach und Grasenseer Bach zur Rott.

6.1.1 Niederschläge

Am 01.06.2016 lud eine über Stunden stationäre Regenzelle über dem südlichen Landkreis Pfarrkirchen bis nach Oberösterreich enorme Niederschlagsmengen ab. Abb. 17 zeigt anhand der Tagesniederschläge die überregionale Situation. Im südlichen Landkreis Rottal-Inn waren vor allem die Einzugsgebiete von Simbach, Tannerbach, Altbach und Grasenseer Bach betroffen (Abb. 18). Das Simbach-Einzugsgebiet war am 01.06.2016 komplett vom Zentrum der Regenzelle mit Niederschlägen von 100 bis 150 mm überdeckt (Abb. 19). Die maximalen Stundenwerte lagen im Bereich von 20 bis 30 mm (Abb. 20). Mit Hilfe des KOSTRA-Datensatzes des DWD (2010) kann die Jährlichkeit der Tagesnieder-

schläge bestimmt werden. Sie liegt oberhalb von 100 Jahren. Im südlichen Landkreis Rottal-Inn liegen die Schwellenwerte der Jährlichkeiten für 10 Jahre bei 80–100 mm, für 100 Jahre bei 120–140 mm. Für die maximalen Stundenniederschläge sind es 32–36 mm (10 Jahre) bzw. 50–55 mm (100 Jahre). Eine Jährlichkeit von 1.000 Jahren kann mit dem KOSTRA-Datensatz nicht berechnet werden.

Der Verlauf der über die Einzugsgebietsflächen gemittelten Tages- und maximalen Stundenniederschläge im Zeitraum Mai–Juni 2016 (Abb. 22 bis Abb. 25) macht deutlich, wie weit der Tagesniederschlag vom 01.06.2016 über die sonstigen Regenereignisse herausragt. Unter den vier Einzugsgebieten sticht wiederum das Simbach-Einzugsgebiet mit den höchsten Regenmengen heraus. An zweiter Stelle steht das Einzugsgebiet des Tannerbachs.

Im Simbach-Einzugsgebiet hatte es, wie auch in den benachbarten drei Einzugsgebieten, bereits am 31.05. zu regnen begonnen. Die Intensität der Niederschläge erreichte am 01.06. etwa zwischen 10 Uhr und 13 Uhr mit über das Einzugsgebiet gemittelten Stundenwerten von 15 bis 22 mm ihren Höhepunkt (Abb. 26 und Abb. 27). Der markante Anstieg des Pegels in Simbach von 13:45 bis 14:00 tritt ca. eine Stunde später ein (Abb. 28). Am Standort des Pegels beginnt die Ausuferung aus dem Betonbett bei ca. 3 Metern Wasserstand.

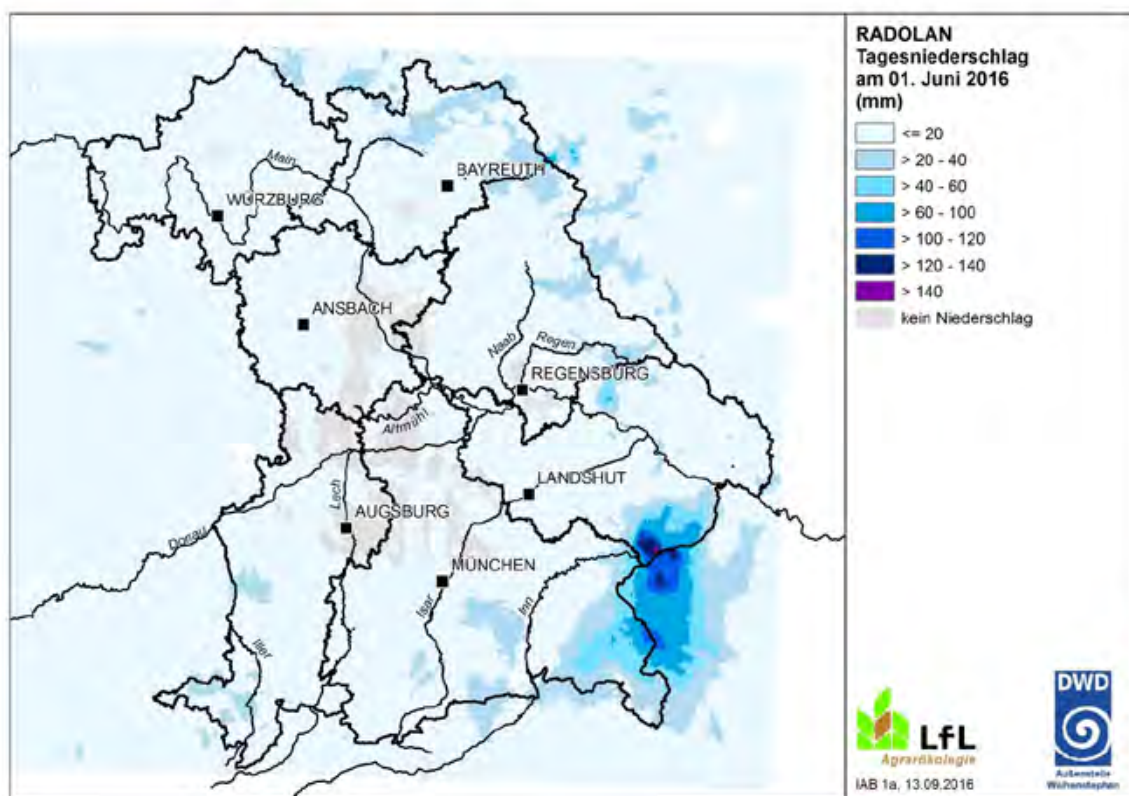


Abb. 17: Tagesniederschlagssumme am 01.06.2016 mit der Regenzelle im südlichen Landkreis Rottal-Inn / Oberösterreich

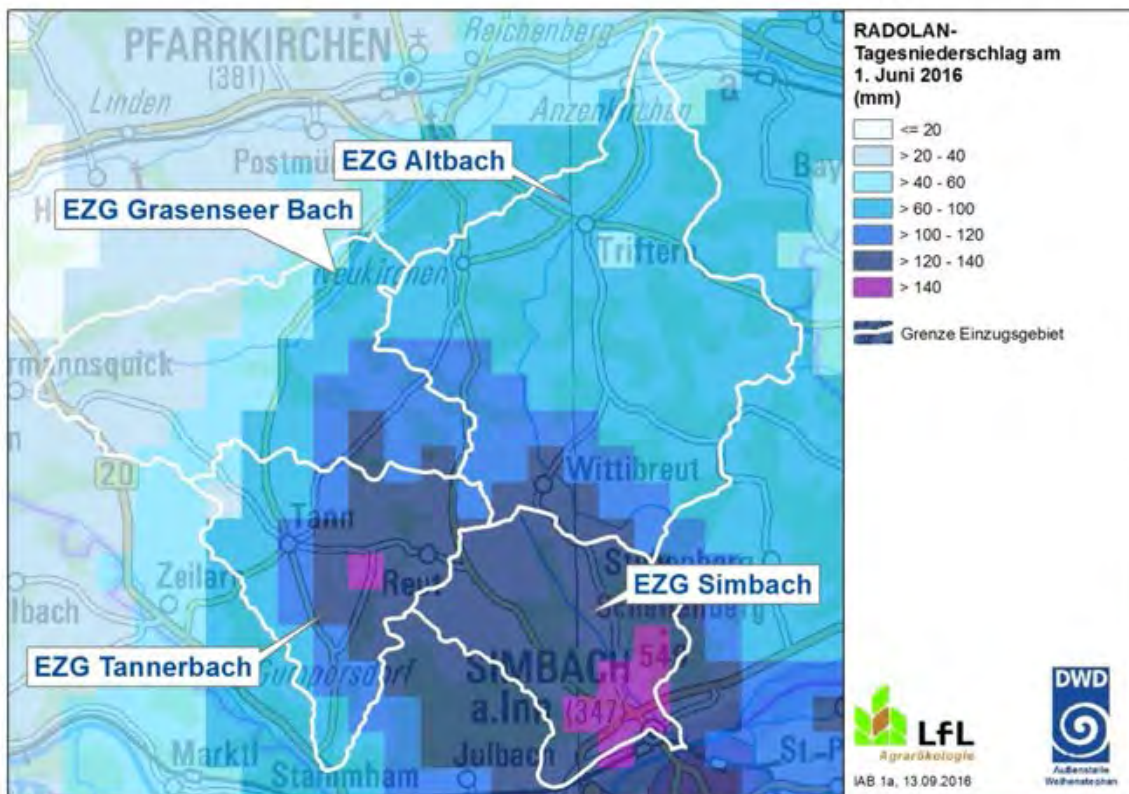


Abb. 18: Tagesniederschlag am 01.06.2016; komplette Überregnung des Simbach-Einzugsgebiets mit Regenmengen von über 120 mm

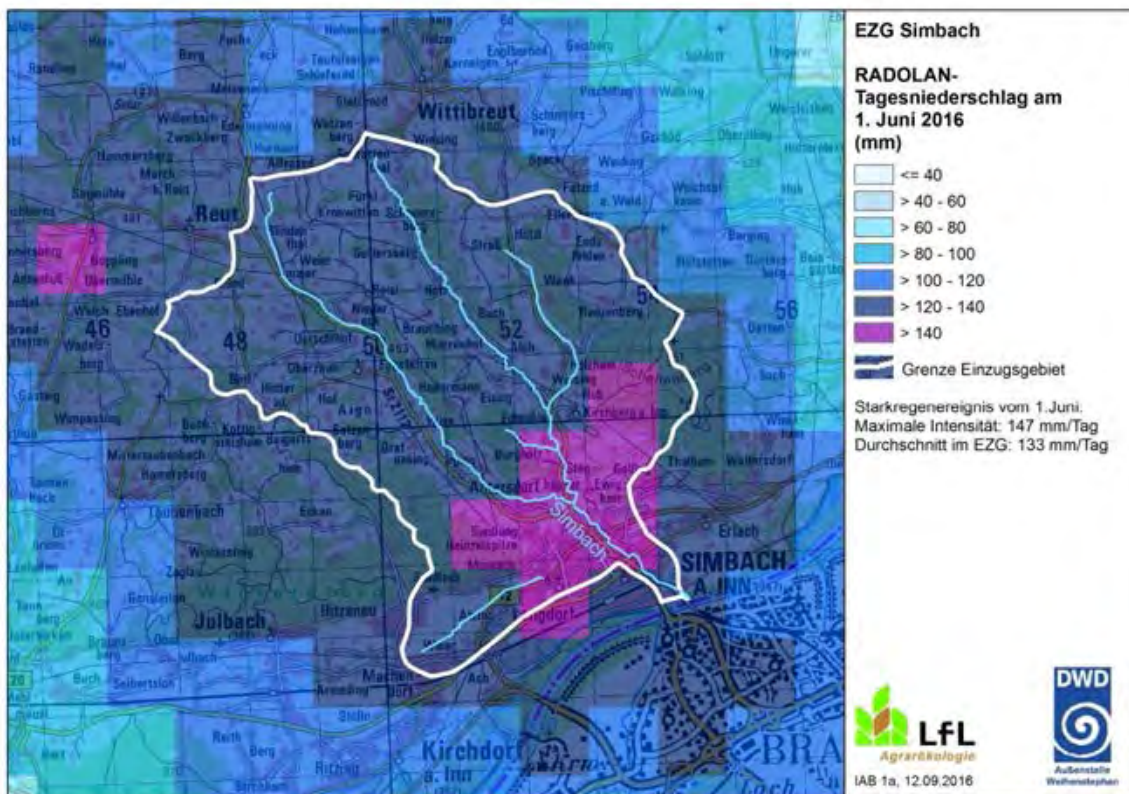


Abb. 19: Tagesniederschlag am 01.06.2016, Ausschnitt für das Simbach-Einzugsgebiet

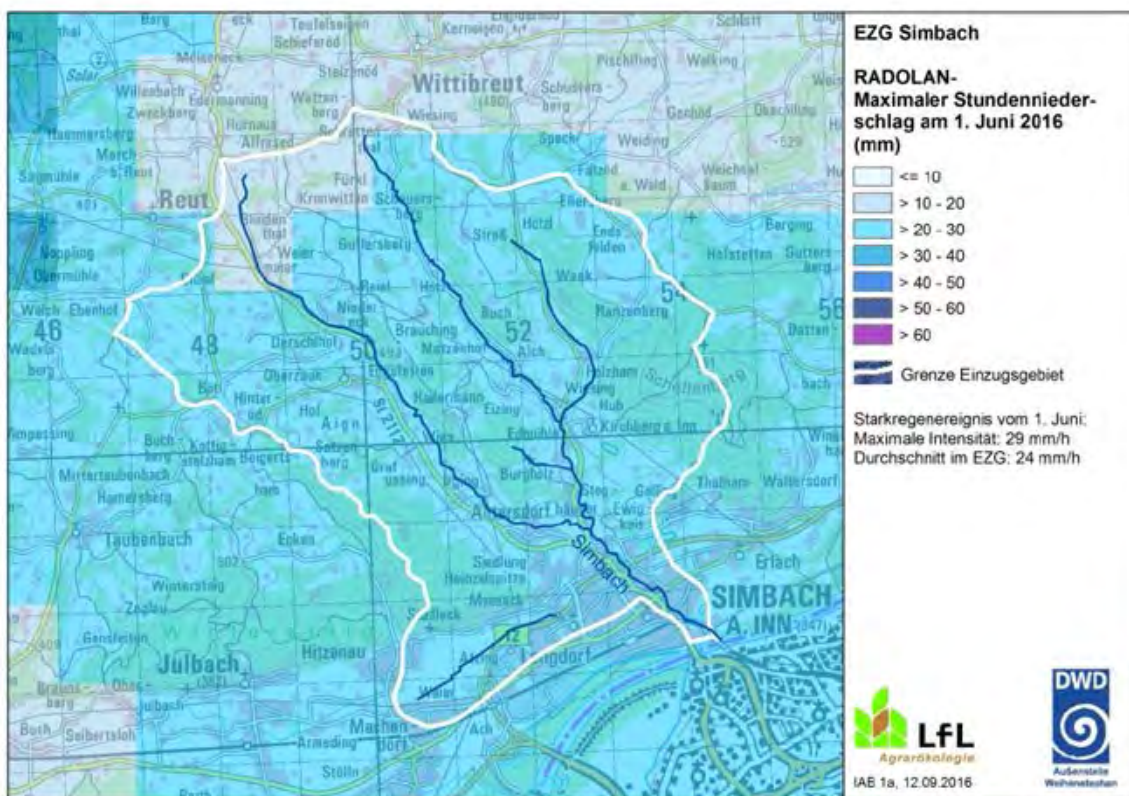


Abb. 20: Maximaler Stundenniederschlag am 01.06.2016 im Simbach-Einzugsgebiet

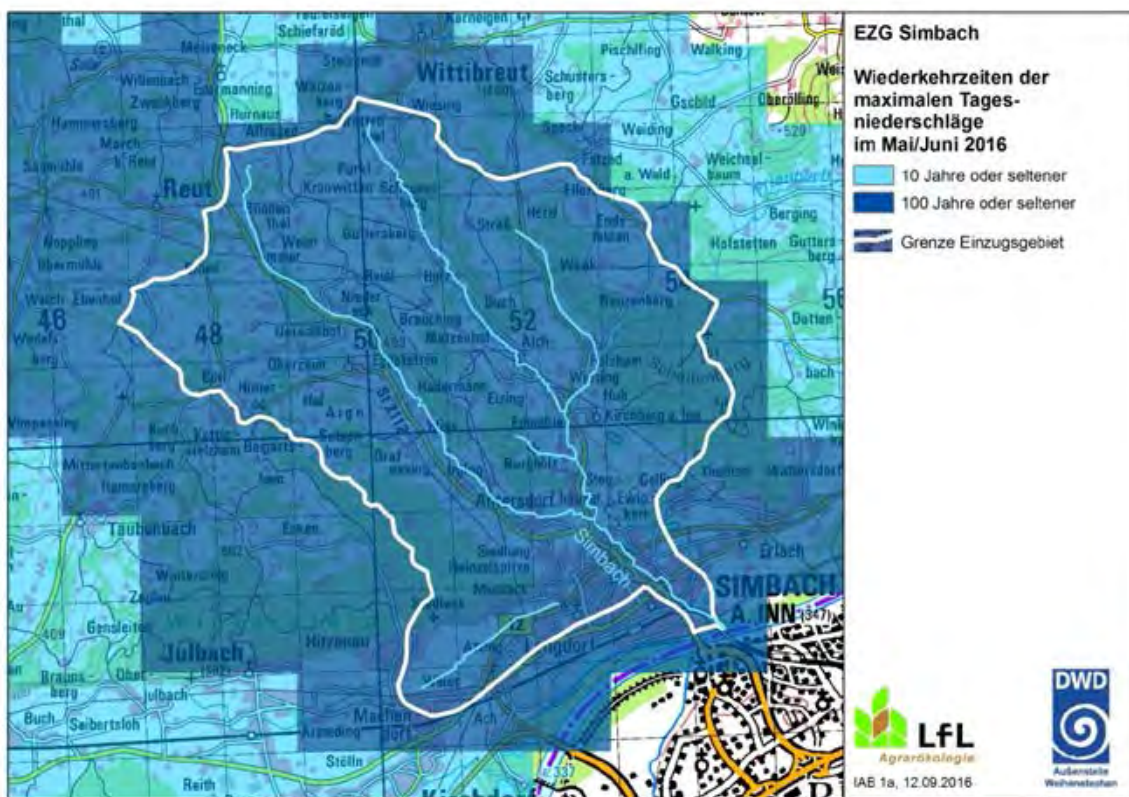


Abb. 21: Jährlichkeit der maximalen Tagesniederschläge im Mai und Juni, prägend ist der 01.06.2016

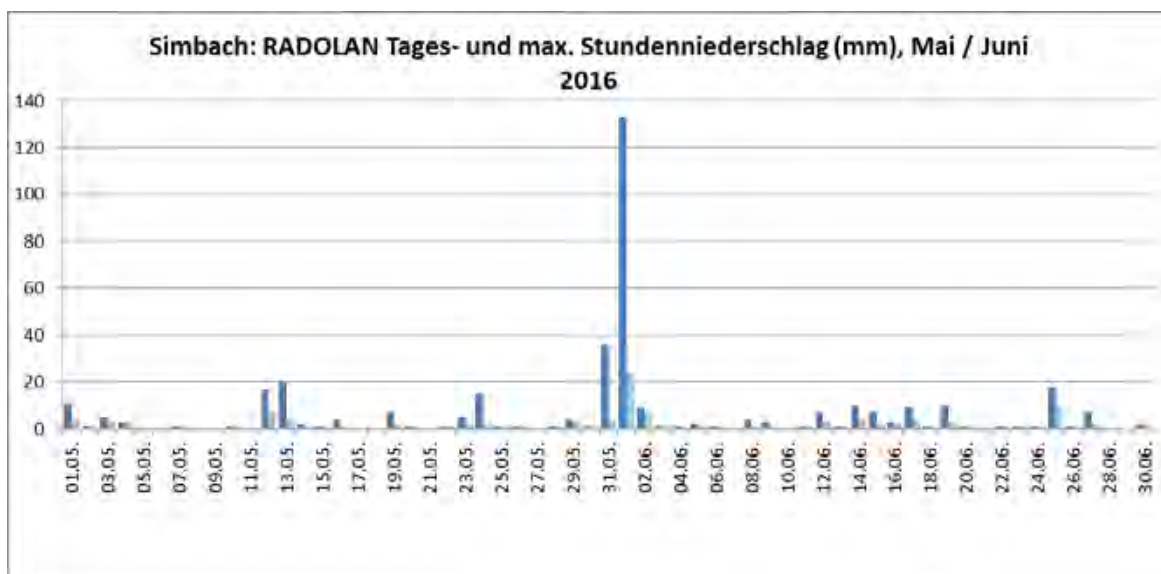


Abb. 22: Über das Einzugsgebiet des Simbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016

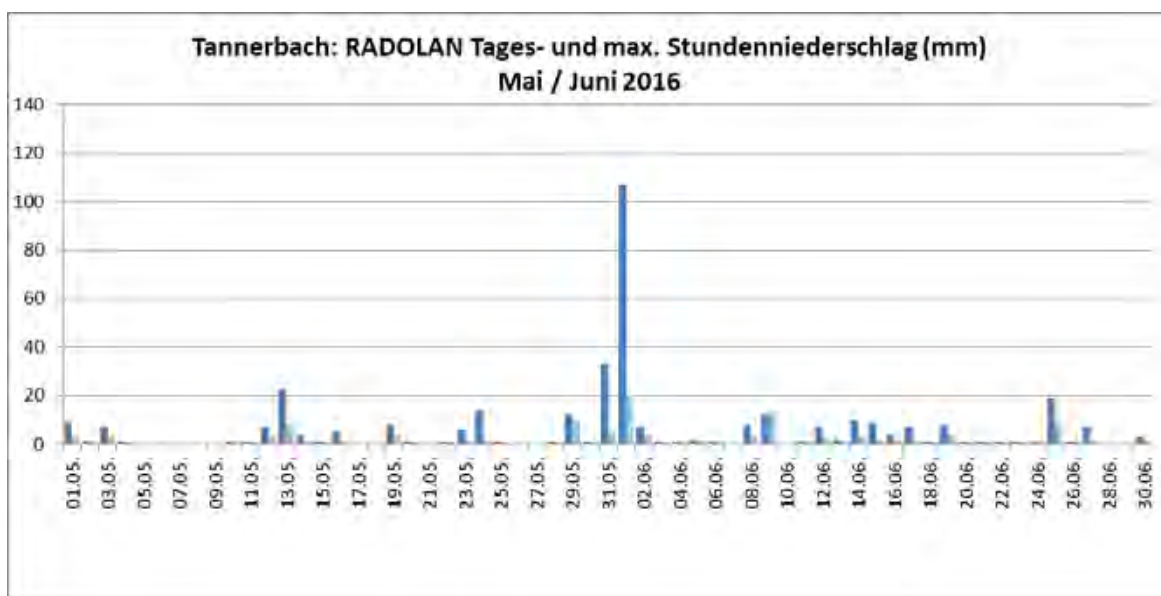


Abb. 23: Über das Einzugsgebiet des Tannerbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016

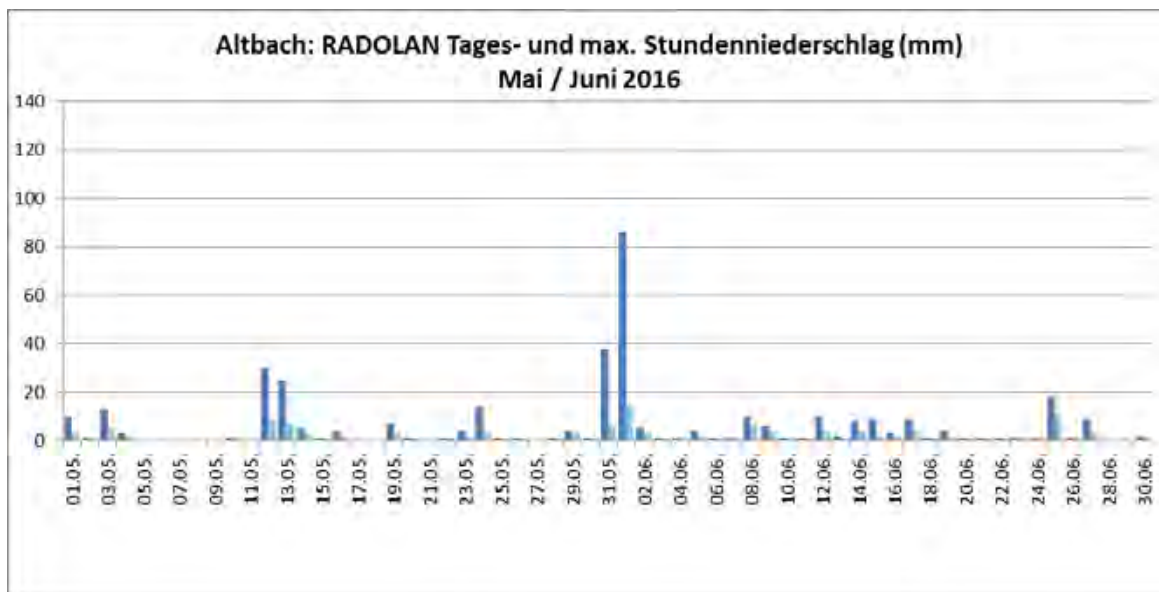


Abb. 24: Über das Einzugsgebiet des Altbachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016

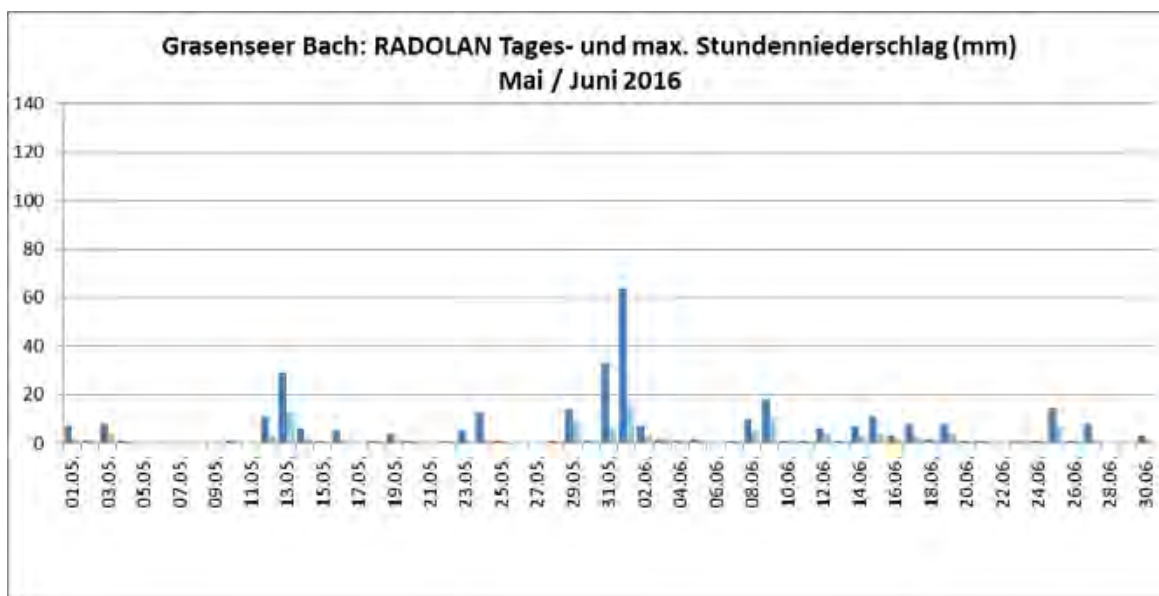


Abb. 25: Über das Einzugsgebiet des Grasenseer Bachs gemittelte RADOLAN-Tages- (dunkelblau) und maximale Stundenniederschläge (hellblau) im Mai und Juni 2016

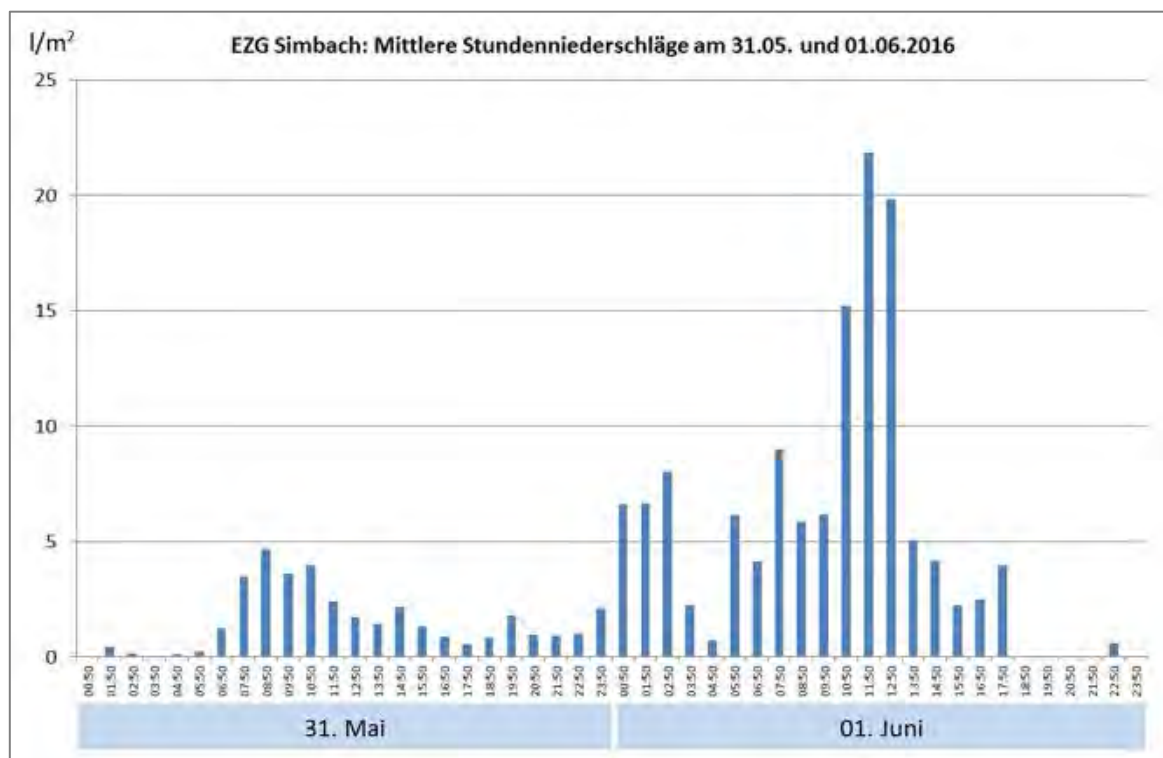


Abb. 26: Verlauf der RADOLAN-Stundenniederschläge (gemittelt über das Simbach-Einzugsgebiet) in der Zeitachse vom 31.5. 0:00 Uhr bis 1.6.2016 24:00 Uhr

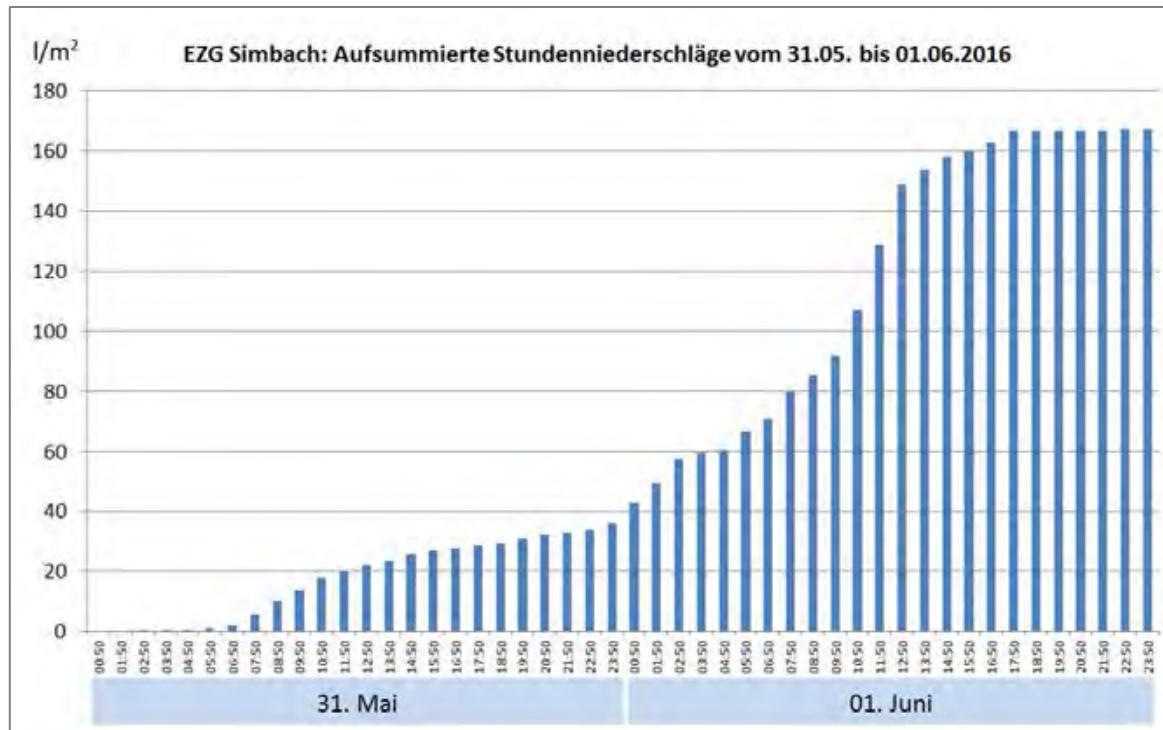


Abb. 27: Aufsummierte RADOLAN-Stundenniederschläge (gemittelt über das Simbach-Einzugsgebiet) in der Zeitachse vom 31.5. 0:00 Uhr bis 1.6.2016 24:00 Uhr. Am 1.6. war um 11:00 Uhr eine Niederschlagssumme von 100 mm erreicht, um 13:00 von 150 mm.

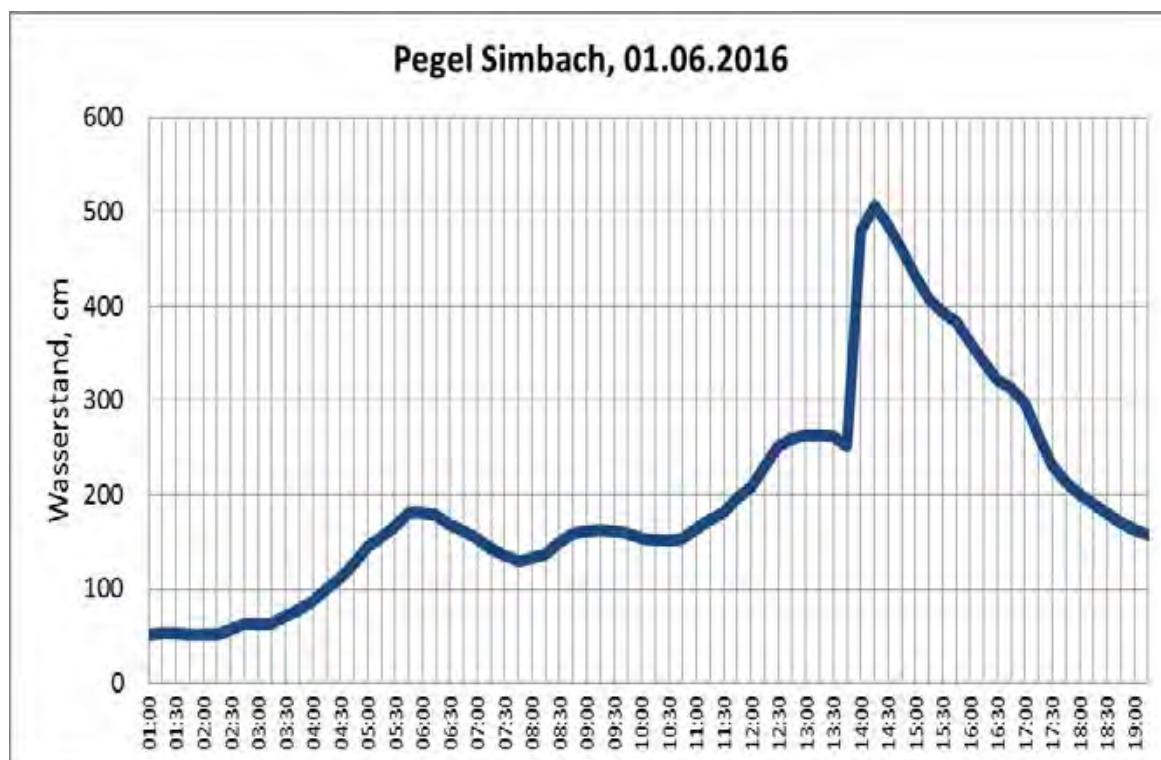


Abb. 28: Wasserstand am Pegel Simbach (Ortsmitte), 01.06.2016, 1:00 bis 19:15 Uhr, 15-Minuten-Intervalle, markanter Anstieg zwischen 13:45 und 14:00 Uhr (Quelle: HND Bayern)

6.1.2 Landnutzung und Bewirtschaftung der Ackerflächen

Für die vier Einzugsgebiete wurden für unsere Fragestellung relevante Kenndaten der Landnutzung zusammengestellt, siehe Tab. 2. Bezugsfläche für die prozentualen Angaben ist jeweils die gesamte Fläche des Einzugsgebietes. Das im Einzugsgebiet vorhandene Risiko für Bodenabschwemmungen und Schlammablagerungen aus der Landnutzung kommt so am besten zum Ausdruck.

In den vier Einzugsgebieten liegt der Waldanteil bei 20 bis 30 %, der Grünlandanteil bei 17 bis 22 %, der Anteil an Mais bei 13 bis 21 %. Das Simbach-Einzugsgebiet hat den höchsten Anteil an Wald (30 %) und den niedrigsten an Mais (13 %). Die Feldstücke der Ackerflächen sind mit durchschnittlich 1,7 ha vergleichsweise klein. Im Vergleich zu anderen Gebieten im Tertiärhügelland ist das Risikopotenzial der Landnutzung deshalb als moderat einzustufen. Es wird durch das relativ hohe mittlere Gefälle der Ackerflächen (10 %) allerdings angehoben (Tab. 8), liegt aber dennoch nicht in der Spitzengruppe im Tertiärhügelland (siehe Kapitel 5).

Tab. 2: *Landnutzung in den Einzugsgebieten im südlichen Landkreis Pfarrkirchen (INVEKOS 2016)*

| | Simbach | | Altbach | | Grasenseer Bach | | Tannerbach | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| | 2016 | | 2016 | | 2016 | | 2016 | |
| Landnutzung | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % |
| Einzugsgebiet | 3.335 | 100 | 8.604 | 100 | 5.095 | 100 | 3.716 | 100 |
| Wald | 1.009 | 30 | 2.371 | 28 | 1.326 | 26 | 759 | 20 |
| LF | 1.607 | 48 | 5.177 | 60 | 3.266 | 64 | 2.371 | 64 |
| Dauergrünland | 654 | 20 | 1.512 | 18 | 1.105 | 22 | 628 | 17 |
| Acker | 953 | 29 | 3.665 | 43 | 2.161 | 42 | 1.744 | 47 |
| Ackerfutter | 47 | 1 | 345 | 4 | 186 | 4 | 108 | 3 |
| Mähdruschfrüchte | 477 | 14 | 1.665 | 19 | 904 | 18 | 847 | 23 |
| Mais | 420 | 13 | 1.616 | 19 | 1.020 | 20 | 766 | 21 |
| Sonstige Reihenkulturen | 7 | < 1 | 28 | < 1 | 47 | 1 | 19 | 1 |

Wald-Layer aus ATKIS-Basis-DLM (BVV: Amtliches Digitales Basis-Landschaftsmodell) von 2013, deshalb keine Differenzierung zwischen 2005 und 2016

6.1.3 Schlammablagerungen

Im Überschwemmungsgebiet der Stadt Simbach und in anderen Ortschaften im Bereich der Regenzelle vom 01.06.2016 hinterließen die Flutwellen große Mengen an Schlamm.

Am 06.06.2016 sammelte das AELF Pfarrkirchen Schlammproben aus den Überschwemmungsgebieten im Ortsbereich von Simbach, Triftern (Einzugsgebiet Altbach) und Anzenkirchen (Einzugsgebiet Altbach). Nährstoff- und Humusgehalte der Schlammproben wurden bestimmt, außerdem wurde eine Korngrößenanalyse durchgeführt.

Die Ergebnisse der Analysen sind in Tab. 3 und in den Abb. 32 bis Abb. 35 zusammengefasst.



Abb. 29: Schlamm im Ortszentrum Simbach am Abend des katastrophalen Ereignisses (01.06.2016)



Abb. 30: Freiwillige Helfer räumen Schlamm aus einem Haus in Simbach (03.06.2016).



Abb. 31: Lage der Probenahmestellen in Simbach

Tab. 3: Ergebnisse der Analysen der Schlammproben

| Ort | Punkt | Bodenart | Masse-% | | | P ₂ O ₅ CAL mg/100g B. | K ₂ O | pH | C _{carb} % | C _{org} % | Nt % | C/N |
|--------------|-------|----------|---------|------|------|---|------------------|------|------------------------|-----------------------|---------|------|
| | | | T | U | S | | | | | | | |
| Simbach | Sa | Su3 | 5,4 | 34,5 | 60,1 | 4 | 1 | 7,35 | 1,46 | 0,43 | 0,05 | 8,2 |
| | Sb | Su2 | 3,9 | 22,8 | 73,3 | 5 | 1 | 7,46 | 1,18 | 0,65 | 0,05 | 12,3 |
| | Sc | Uls | 11,2 | 57,1 | 31,6 | 10 | 4 | 7,42 | 1,40 | 1,90 | 0,15 | 13,0 |
| | Sd | Ut4 | 17,0 | 72,6 | 10,3 | 16 | 13 | 7,43 | 1,20 | 2,57 | 0,23 | 11,1 |
| | Se | Ut4 | 18,2 | 73,3 | 8,5 | 16 | 31 | 7,47 | 1,23 | 2,70 | 0,24 | 11,2 |
| | Sf | Su4 | 6,0 | 45,1 | 48,9 | 5 | 1 | 7,56 | 1,40 | 0,91 | 0,08 | 11,1 |
| | Sg | Su4 | 6,4 | 41,5 | 52,1 | 4 | 1 | 7,58 | 1,53 | 1,07 | 0,10 | 11,1 |
| | Sh | Ut3 | 14,9 | 67,7 | 17,4 | 11 | 7 | 7,54 | 1,50 | 1,82 | 0,17 | 10,5 |
| | Si | Uls | 11,5 | 57,1 | 31,5 | 11 | 7 | 7,57 | 1,41 | 1,63 | 0,15 | 10,7 |
| Triftern | Ta | Lu | 19,7 | 63,8 | 16,4 | 21 | 16 | 7,23 | 0,11 | 2,99 | 0,25 | 11,8 |
| | Tb | Ut4 | 24,7 | 67,5 | 7,8 | 45 | 40 | 7,25 | 0,16 | 3,87 | 0,30 | 13,0 |
| | Tc | Lu | 19,8 | 62,3 | 17,9 | 19 | 19 | 7,20 | 0,26 | 3,81 | 0,28 | 13,7 |
| | Td | Uls | 16,0 | 60,2 | 23,8 | 15 | 13 | 7,28 | 0,48 | 2,90 | 0,22 | 13,4 |
| Anzenkirchen | Aa | Sl3 | 10,4 | 30,9 | 58,7 | 42 | 11 | 7,33 | 0,21 | 1,56 | 0,12 | 13,5 |
| | Ab | Su3 | 5,7 | 31,6 | 62,7 | 16 | 8 | 7,50 | 0,49 | 1,80 | 0,12 | 15,5 |
| | Ac | Ls3 | 17,3 | 39,6 | 43,1 | 27 | 61 | 7,18 | 0,34 | 2,03 | 0,23 | 9,0 |
| | Ad | Ut4 | 23,6 | 71,1 | 5,3 | 32 | 41 | 7,36 | 0,11 | 2,76 | 0,26 | 10,8 |
| | Ae | Tu4 | 28,6 | 68,3 | 3,1 | 27 | 24 | 7,04 | 0,07 | 3,52 | 0,32 | 11,0 |

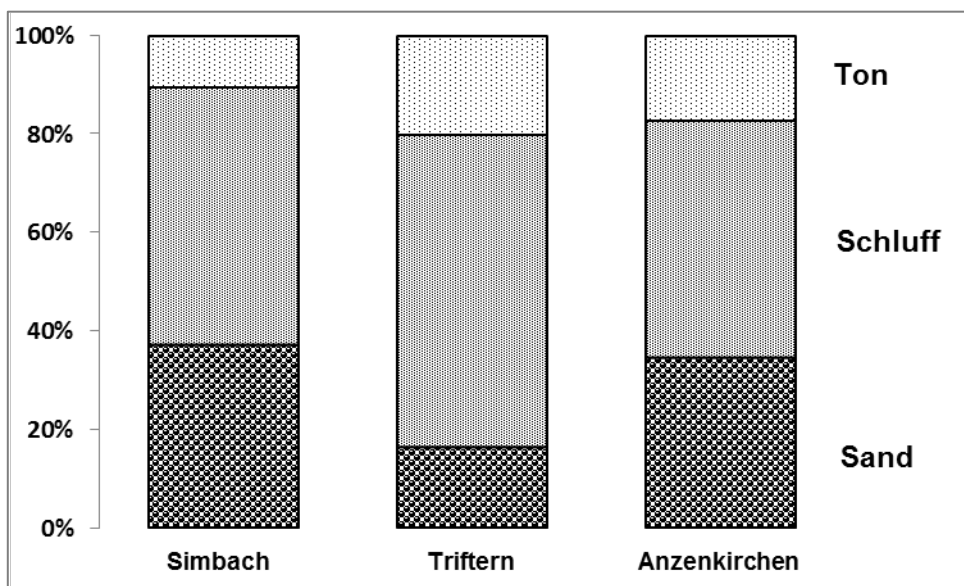


Abb. 32: Mittlere Verteilung von Sand, Schluff und Ton in den Schlammproben je Ortschaft

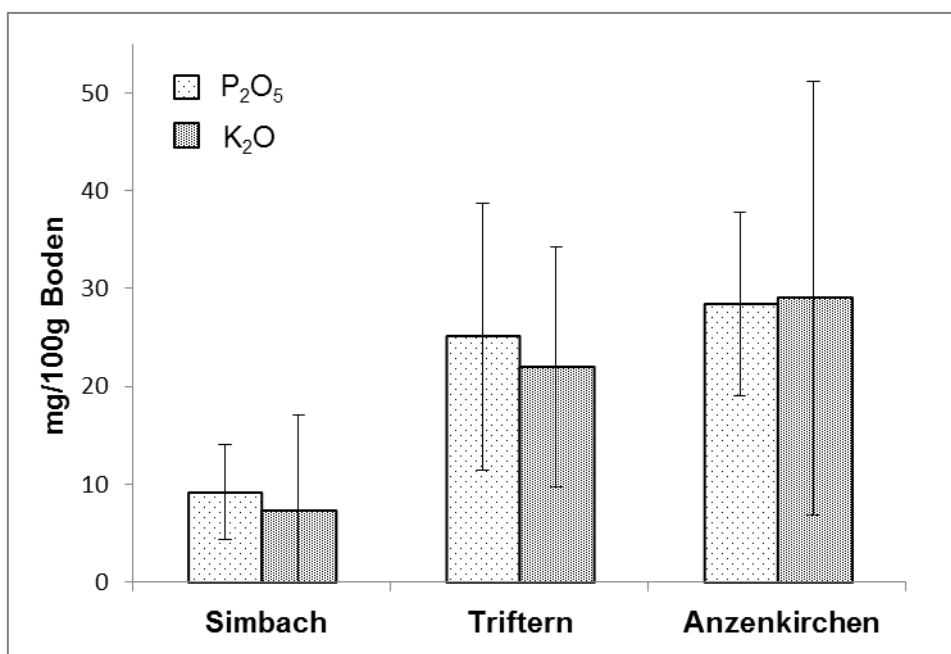


Abb. 33: Mittlere Gehalte an Phosphat und Kali (mg/100g Boden, CAL) in den Schlammproben je Ortschaft

Die Korngrößenzusammensetzung der Schlammproben deckt ein Spektrum von schluffigen oder lehmigen Sanden über tonige Schluffe bis zum schluffigen Ton ab. Entscheidend für die Korngrößenzusammensetzung sind in erster Linie die Ablagerungsbedingungen. Bei nachlassender Schleppkraft der Fließwelle bleiben zuerst größere Körner liegen. Dort, wo der Wasserfluss dann im Überschwemmungsbereich zum Stillstand kommt, werden überwiegend Feinanteile abgesetzt.

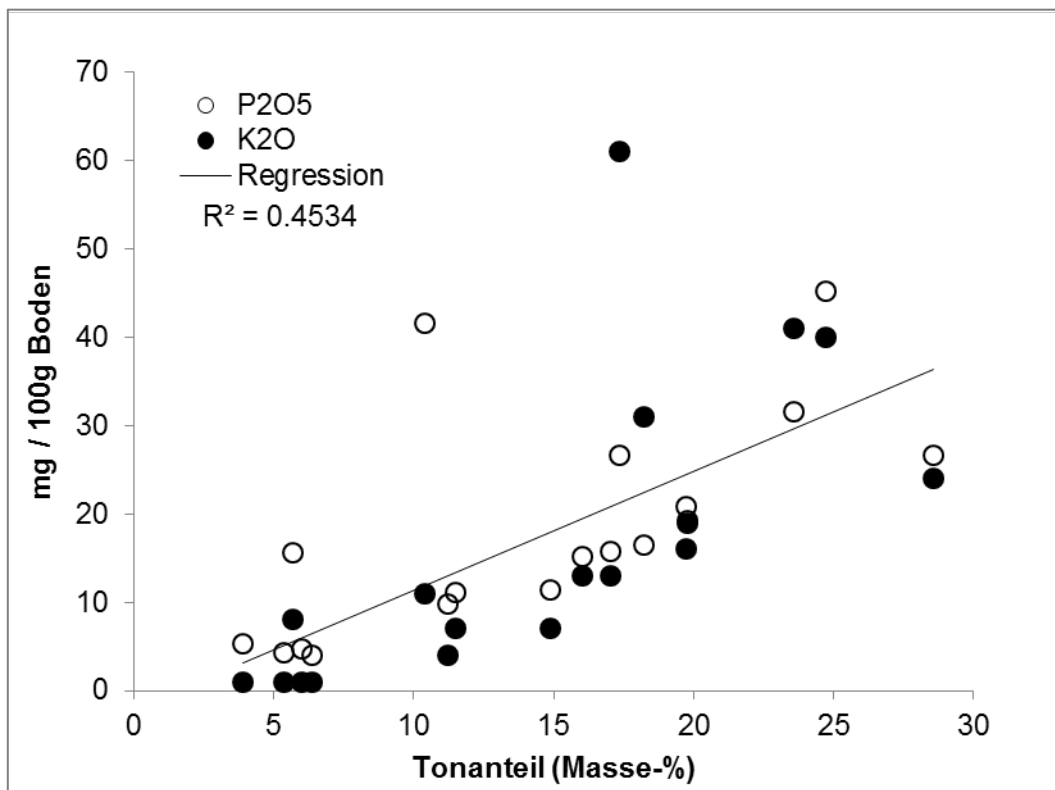


Abb. 34: Beziehung zwischen Tonanteil und Nährstoffgehalt der Schlammproben

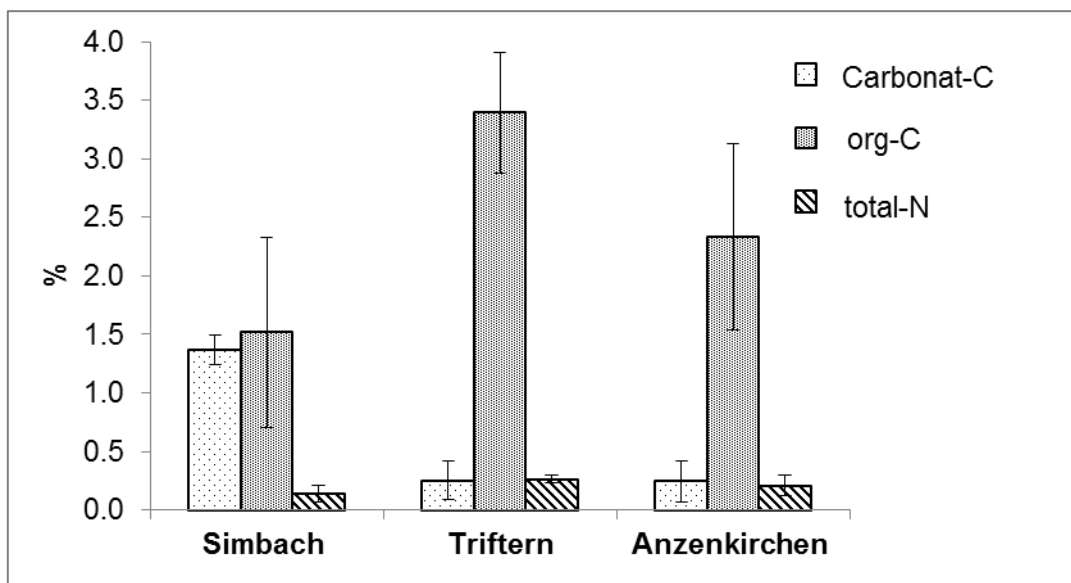


Abb. 35: Mittlere Gehalte an organischem Kohlenstoff, Karbonat-Kohlenstoff und Gesamtstickstoff in den Schlammproben je Ortschaft

Die Nährstoffgehalte der Schlammproben (und in geringerem Umfang auch die Gehalte an organischem Kohlenstoff und Gesamtstickstoff) korrelieren eng mit dem Tonanteil. Die Nährstoffgehalte der tonig-schluffigen Schlammproben sind im Mittel etwas höher als bei den Ackerböden im Landkreis. Nach den Auswertungen des Landeskuratoriums für pflanzliche Erzeugung (LKP 2015) liegen etwas mehr als 50 % des Ackerlands im Landkreis Rottal-Inn bei den P_2O_5 - und K_2O -Gehalten im Bereich der Versorgungsstufe C (10 – 20 mg/100g Boden (CAL) für P_2O_5 und K_2O).

Die in Simbach gesammelten Schlammproben sind sandiger, sie weisen durchwegs einen höheren Karbonatanteil auf, die Nährstoff- und Humusgehalte sind meist niedriger als in den Proben aus Triftern und Anzenkirchen.

Geländebeobachtungen und Luftbildauswertungen verweisen darauf, dass die von den Wassermassen transportierte Schlammfracht sowohl aus flächigen Bodenabschwemmungen (vorwiegend Maisfelder) als auch aus mitgerissenes Untergrundmaterial der hochwasserführenden Bäche und der Talwege stammte. Eine Massenbilanz aus Abtrag im Einzugsgebiet, Anlandung in Simbach und Weitertransport im Inn kann nicht erstellt werden. Auch der Stichprobenumfang der Schlammproben aus dem Siedlungsbereich ist für repräsentative Aussagen zu gering.

6.1.4 Geländebefunde, Luftbildauswertung

Im Zentrum der Regenzelle der vier Einzugsgebiete kam es offensichtlich auf nahezu allen Flächen zu Oberflächenabfluss. Maisfelder zeigten ausgeprägte Erosionsspuren. Erhebliche Mengen an Boden wurden aus Maisfeldern abgeschwemmt und weiterverfrachtet. Auch aus dem Wald strömte Wasser, wie Beobachtungen von Anwohnern und ausgespülte Waldwege belegen. Luftbilder und Geländebefunde zeigen, dass in allen Tiefenlinien im Gelände (Talwege) Wasser in erheblichem Umfang abfloss und die Bäche speiste. Ab einem bestimmten Zeitpunkt des Regenereignisses (den wir mit unseren Beobachtungen nicht genau bestimmen können) wurde das Oberflächengewässernetz durch die temporären Abflussrinnen ganz erheblich erweitert. Anwohner berichten von Schichtwasserabfluss. In den Talwegen aber auch in den Bächen rissen die abfließenden Wassermassen große Mengen an Boden und Untergrundmaterial ab, es kam zu Auskolkungen und Uferabrissen.

Verrohrungen und Durchlässe unter Wegen und Straßen konnten den Abfluss oft nicht fassen, wurden z.T. auch verstopft oder verklebt, das andrängende Wasser staute sich, überfloss das Hindernis, direkt dahinter verursachten Turbulenzen und Wasserwalzen vielfach Ausspülungen und Einbrüche an den Straßen. Teilweise kam es an Hängen auch zu Erdrutschen. Das Bett des Simbach bot nach dem Ereignis das Bild eines alpinen Wildbachs.

Eine Besonderheit dieses Extremereignisses war, dass aus den Feldern abgeschwemmter oder ausgekolkter Boden überwiegend nicht, wie bei kurz andauernden Starkregen üblich, am Hangfuß liegen blieb, sondern vom über ungewöhnlich längere Zeit andauernden Wasserstrom weitergetragen wurde.

Bodenabschwemmungen aus Maisfeldern (Abb. 36 bis Abb. 40):



Abb. 36: Bodenabschwemmung mit Anlandung im Maisfeld (Einzugsbiet Tannerbach), Foto 03.06.2016



Abb. 37: Gleiche Bildposition wie Abb. oben, 10.08.2016. Die Anlandung am Ende des Maisfeldes ist noch zu erkennen.



Abb. 38: Erosion beginnt im Maisfeld, Abfluss bündelt sich dann im Talweg (Einzugsgebiet Simbach) Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 39: Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 38, bearbeitetes Orthofoto, Bayerische Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016



Abb. 40: Typisches Bild mit Erosionsrinnen im Maisfeld und Wasserabfluss im Talweg des Getreidefeldes gegenüber (westlich des Simbach-Einzugsgebiet), Foto 03.06.2016

Auskolkung, Grabenerosion (Abb. 41 bis Abb. 48):

Abb. 41: Luftbild zur Auskolkung der folgenden Abbildungen, Abfluss aus einem V-Tälchen am rechten Bildrand über die kleinen Teiche nach links ins Maisfeld (westlich des Simbach-Einzugsgebiet), Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling

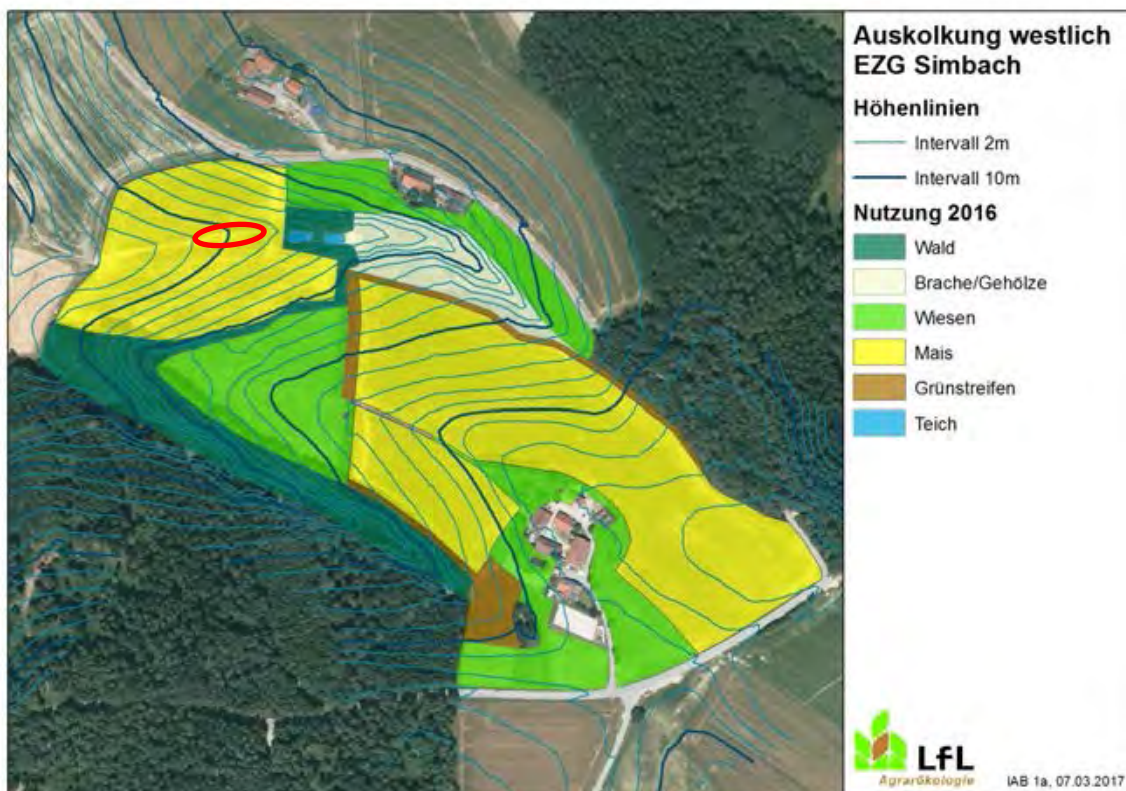


Abb. 42: Topographie und Landnutzung im Umfeld der Auskolkung (rote Ellipse), Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016

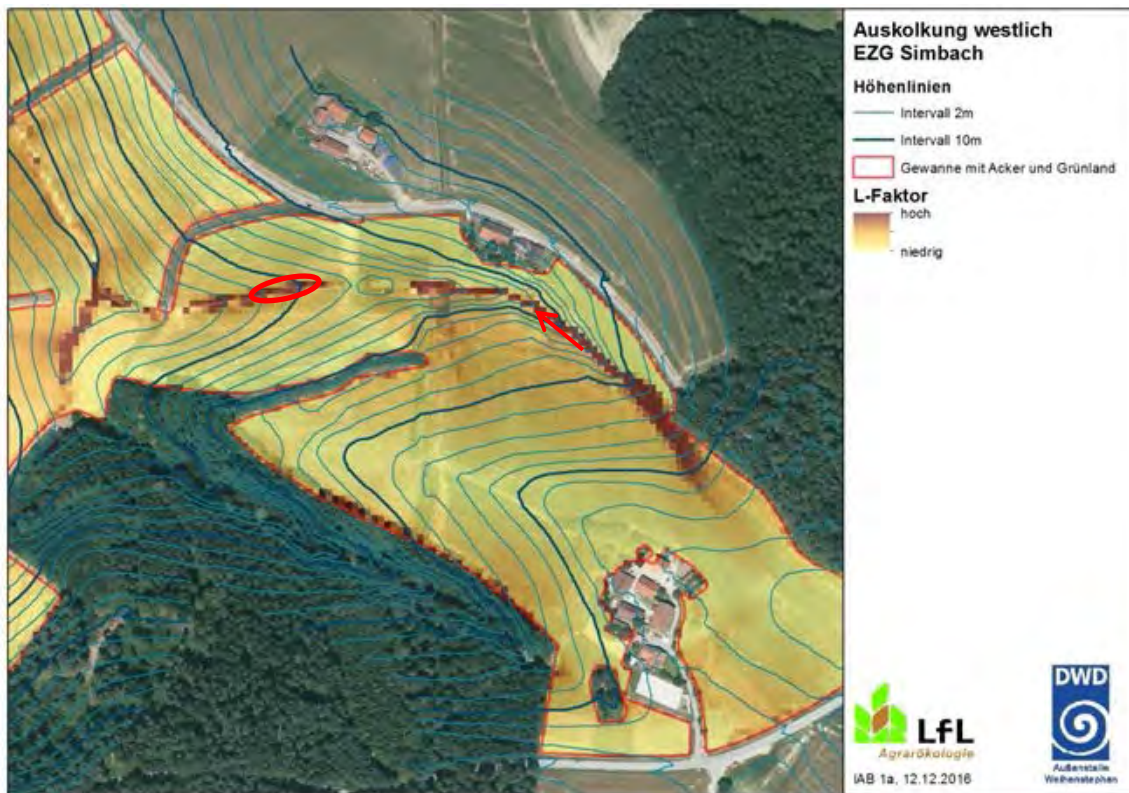


Abb. 43: L-Faktor-Berechnung mit der Auskolkung (Orthofoto: Bayer, Vermessungsverwaltung, Juli 2016). Der Talweg quer durch den Bildausschnitt ist klar erkennbar (dunkelbraune Zellen), die Auskolkung ist rot markiert.



Abb. 44: Auskolkung im Talweg, Foto 03.06.2016



Abb. 45: Blick nach oben in den Talweg mit der Auskolkung, wenig Anlandung, die hohe Schleppkraft der Wassermassen hat das ausgespülte Bodenmaterial weitgehend abtransportiert (Foto 03.06.2016)



Abb. 46: Blick von „unten“ in die Auskolkung (Foto 10.08.2016). Seit dem Ereignis am 1.6. ist weiteres Bodenmaterial in den Kessel eingebrochen.



Abb. 47: Aus dem V-Tälchen in der Mitte des Bildes strömte das Wasser am 1.6. rechts aus dem Bildfeld in Richtung der Auskolkung (Foto 10.08.2016).



Abb. 48: Teich am Ende des V-Tälchens. Über diese Schwelle floss das Wasser in das Maisfeld mit der Auskolkung (Foto 10.08.2016).

Wasserrückhalt durch teilweise verstopften Durchlass (Abb. 49 bis Abb. 53):

In der folgend dokumentierten Situation kam es wegen der teilweisen Verstopfung eines Durchlasses unter einer Straße zu einem Rückstau des im Talweg andrängenden Wasserflusses. Das Areal liegt im oberen Einzugsgebiet des Tannerbachs. Der Wasserandrang war nicht so stark, dass die Straße überspült worden wäre. So gab es keine Schäden am Straßenkörper. Ein größer dimensionierter Durchlass hätte das Wasser wesentlich schneller abfließen lassen. Hier kam es also ungeplant zu einer Abflussretention.



Abb. 49: Überfluteter Talweg, Abfluss nach rechts, Rückstau wegen teilweise verstopftem Straßendurchlass rechts (Einzugsgebiet Tannerbach), Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 50: Weiterer Umriss der Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 49, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen im Juli 2016



Abb. 51: Blick in Abflussrichtung. Hinter dem Gehölz verläuft die Straße (Foto 10.08.2016).



Abb. 52: Im angestauten Talweg (siehe Abb. oben) abgelagerter Boden, Foto 10.08.2016



Abb. 53: Teilweise verstopfter Durchlass an der Straßenböschung, Foto 10.08.2016

Erdabbrüche, Muren (Abb. 54 bis Abb. 57):



Abb. 54: Abgebrochener Ranken im Grünland (Einzugsgebiet Simbach), Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 55: Oberhalb Simbach, „Wildbach“, Erdrutsche am Hang, Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 56: Hangrutsch oberhalb Simbach, Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 57: Hangrutsch an steilem Waldhang, Einzugsgebiet Simbach, Foto 10.08.2016

Überspülte und zerstörte Straßen, ausgeräumte Bachbetten (Abb. 58 bis Abb. 66):

Die folgenden Bilder zeigen die Zerstörungen durch die Wucht der in den Bächen abgeflossenen Wassermassen. Große Mengen an Untergrundmaterial wurden mitgerissen.



Abb. 58: Zerstörte Überfahrt (Hofzufahrt) und ausgeräumtes Bachbett, Situation am 10.08.2016, Einzugsgebiet Simbach



Abb. 59: Wenige Meter oberhalb der Abb. oben, Blick in entgegengesetzte Richtung auf das Bächlein, das zum Wildbach wurde. Der Talgrund war nach Aussage eines Anwohners zeitweise komplett überschwemmt.



Abb. 60: Weiterer Umriss der Geländetopographie der beiden vorherigem Fotos, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, Aufnahme Juli 2016



Abb. 61: Beschädigte Straße im Einzugsgebiet des Simbachs mit Einbruch des Radwegs nach Überflutung. Der Durchlass konnte die Wassermassen nicht fassen, es kam zur Überspülung der Straße von links nach rechts (Foto 03.06.2016).



Abb. 62: Blick in das bis auf den Gesteinsuntergrund ausgeräumte Bachbett direkt unterhalb des Durchlasses der vorherigen Abbildung



Abb. 63: Zerstörte Straßenbrücke, Fließrichtung nach links, Foto 03.06.2016



Abb. 64: Massive Uferabrisse oberhalb Simbach, Foto 03.06.2016



Abb. 65: Zerstörte Straße zum Schulzentrum Simbach, oberhalb des Sägewerks, Fließrichtung nach oben. Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling



Abb. 66: Ortszentrum Simbach, Luftbildaufnahme am 07.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild Obertraubling. Das Foto von Abb. 30 wurde am 03.06. in Richtung des roten Pfeils aufgenommen.

6.2 Landkreis Landshut, Ereignis vom 29.05.2016

Landshuter Zeitung, 08.06.2016 07:24 Uhr, Autor Horst Müller

<http://www.idowa.de/inhalt.landshut-dreier-zieht-zwischenbilanz-unwetterschaeden-in-zweistelliger-millionenhoehe.eeece19a-42da-46f9-b185-c941165b5466.html>

Dreier zieht Zwischenbilanz: Unwetterschäden in zweistelliger Millionenhöhe

Gut eine Woche nach dem verheerenden Unwetter, das den nördlichen Landkreis Landshut mit extremem Starkregen heimgesucht und zahlreiche Ortschaften überschwemmt hat, lässt sich das genaue Ausmaß der angerichteten Schäden noch immer nicht genau beziffern. Nach den bislang vorliegenden Informationen werde sich die Schadenssumme aber auf jeden Fall auf einen zweistelligen Millionenbetrag belaufen, teilte Landrat Peter Dreier am Montag mit. Dies sei zwar kein Vergleich zu den Schäden im Nachbarlandkreis Rottal-Inn. Dennoch hat die folgenschwere Unwetternacht auch im Landkreis Landshut viele Menschen nicht nur an den Rand der Verzweiflung gebracht, sondern auch in akute Existenznot gestürzt, weshalb im Landratsamt alles unternommen werde, um den Bürgern zu helfen.

„Zum Glück sind im Landkreis Landshut, anders als in Rottal-Inn, keine Todesopfer durch die Unwetter und Überschwemmungen zu beklagen“, stellte der Landrat erleichtert fest. Allerdings hatte sich auch im nördlichen Landkreis die Lage kurzzeitig dramatisch zugespitzt, als eine junge Frau, ein junger Mann und eine Seniorin von den Wassermassen eingeschlossen wurden und plötzlich in Lebensgefahr geraten waren.

„Die Situation in Kläham war sehr, sehr knapp, das hätte auch bei uns schlimm ausgehen können“, berichtete Dreier am Montag bei der Kreisausschusssitzung im Landratsamt. Glücklicherweise hätten sich die drei Personen gerade noch rechtzeitig befreien können.

„Mutter Natur holt sich das irgendwie wieder“

Dreier dankte am Montag abermals den vielen freiwilligen Helfern und Einsatzkräften von Feuerwehr, THW und den Rettungsdiensten, die während des Unwetters und in den Tagen danach bei den Aufräumarbeiten im Einsatz waren – und die nicht nur in ihren Heimatorten zur Stelle waren, sondern in der Zwischenzeit auch in Simbach am Inn mitgeholfen haben. „Die Ereignisse haben uns einmal mehr deutlich gemacht, dass selbst die kleinste Ortsfeuerwehr in solch einem Fall dringend notwendig und unheimlich wichtig ist“, resümierte Dreier.

Darüber hinaus werde es nun darauf ankommen, die Ereignisse der Unwetternacht genau zu analysieren, die Erkenntnisse zu bewerten und daraus die erforderlichen Schlussfolgerungen zu ziehen. Denn wenn selbst schon ein kleiner Hügel ausreiche, dass es zu „Abschwemmungen ungeahnten Ausmaßes“ kommen könne, müsse die Frage gestellt werden, was dies möglicherweise für die Landschaft und die Landwirtschaft bedeute. Dreier: „Mutter Natur holt sich das irgendwie wieder, was von Menschenhand verursacht wurde.“

In Wolfsbach ist nahezu jeder betroffen

Zwischenzeitlich hat auch die Landshuter Landtagsabgeordnete Jutta Widmann zusammen mit dem zweiten Bürgermeister von Niederaichbach, Jakob Sand, betroffene Haushalte in den Ortsteilen Reichersdorf und Wolfsbach besucht. „Es ist wirklich schrecklich, was hier passiert ist. Wir haben zwar nicht die gleiche Dimension wie im Landkreis Rottal-Inn, aber auch bei uns in der Region gibt es viele Einzelschicksale“, zeigte sich Jutta Widmann betroffen.

So habe die Kessellage in Wolfsbach dazu geführt, dass hier nahezu jeder vom Hochwasser getroffen wurde. In einer gemeinsamen Anstrengung hätten die Wolfsbacher mit Unterstützung der Gemeinde schon viele Spuren beseitigt, trotzdem bleibt auch in nächster Zeit viel zu tun. Auch in Reichersdorf sind mehrere Haushalte betroffen, Keller oder die komplette Erdgeschossfläche samt Einrichtung wurden total zerstört.

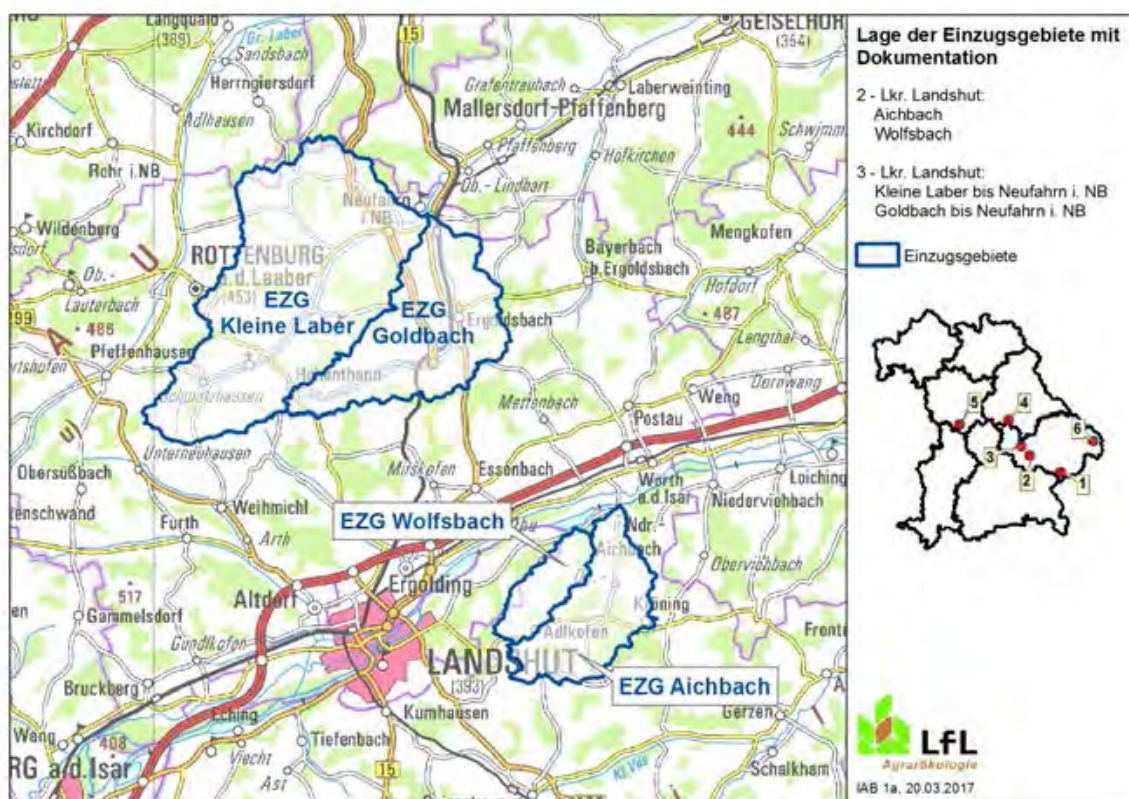


Abb. 67: Lage der Einzugsgebiete. Wolfsbach u. Aichbach entwässern in die Isar, der Goldbach fließt in Neufahrn in die kleine Laaber mit Entwässerung zur Donau.

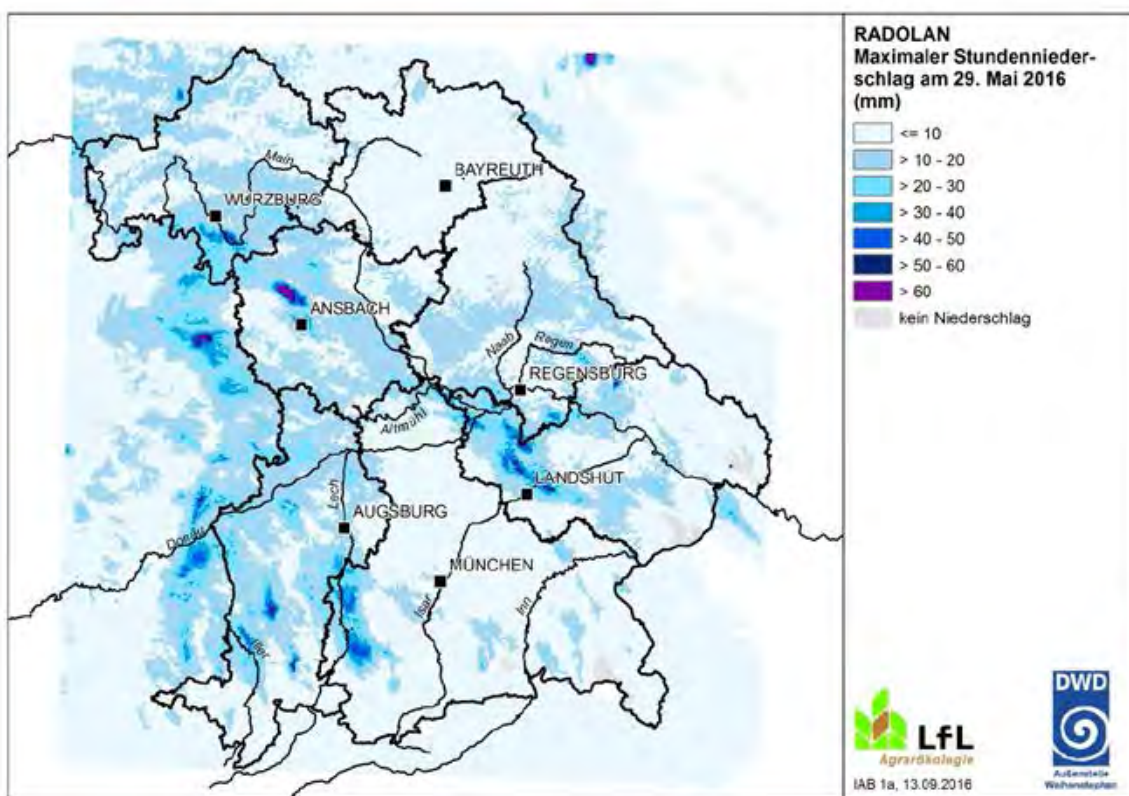


Abb. 68: Maximale Stundenniederschläge am 29.05.2016

6.2.1 Niederschläge

Am 29.05.2016 war ein Streifen zwischen Landshut und Würzburg von massivem Starkregen betroffen (Abb. 68). Darüber hinaus traf es auch Gebiete südlich von Augsburg zwischen Iller und Lech sowie im östlichen Baden-Württemberg.

Im Landkreis Landshut wurden in einzelnen RADOLAN-Zellen Stundenwerte von 60 mm überschritten. Die Regenerositäten liegen ähnlich hoch wie im Simbach-Einzugsgebiet. Die Gewitterniederschläge zeigten aber räumlich wesentlich differenziertere Raummuster. Die folgend betrachteten vier Einzugsgebiete wurden in keinem Fall komplett von heftigen Starkregen überdeckt.

6.2.2 Beobachtungen in den vier Einzugsgebieten im Landkreis Landshut

Im Bereich des Unwetterzugs von Landshut in Richtung Kelheim vom 29.05.2016 waren nach Augenschein und Presseberichten viele Dörfer von Überflutung und Verschlammung betroffen. In Einzelfällen wurden auch Straßen und Brücken beschädigt.

Geländebefunde und Luftbilder belegen, dass vor allem aus Maisfeldern erhebliche Mengen an Boden ausgeschwemmt wurden. In einem zufällig angetroffenen Fall haben wir mindestens 300 t/ha Bodenabtrag gemessen, die Minderung der Bodenfruchtbarkeit ist erheblich. Das Potenzial für Beeinträchtigung der Güte von Oberflächengewässern ist hoch. Bodenerosion setzte z.T. bereits bei geringen Hanglängen ein, d.h. direkt am Oberhang des Maisfeldes. Aus Getreidefeldern ist offensichtlich Wasser abgeflossen, jedoch kaum erodiertes Bodenmaterial.

Beim Durchfahren des Gebietes fiel auf, dass die Erosionsschäden in Maisfeldern offensichtlich ab einer bestimmten Schwelle der im Gebiet heterogenen Niederschlagsintensität auftraten, die wir jedoch mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht genau feststellen können.

Auf den Maisfeldern war eine deutliche Abstufung bei den Erosionsschäden in Abhängigkeit von der Saatbettbereitung (und vorausgegangener Gülleearbeitung) erkennbar, die sich direkt auf die Bodenbedeckung und den Lockerungsgrad des Bodens auswirkt. Gering geneigte Maisfelder ohne Mulchsaat zeigten bereits erhebliche Abschwemmungen. Vereinzelt angetroffenen Maisfelder mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) erweisen sich dagegen als weitgehend resistent gegen Bodenabschwemmungen. Lediglich in Fahrspuren der Gülleausbringung ist Wasserabfluss erkennbar, in Tiefenlinien und im Vorgewende kam es auch bei „Direktsaat“ zu einem gewissen Bodenabtrag. Aus Maisfeldern mit Mulchsaat mit Saatbettbereitung – das ist das übliche Verfahren – wurde flächig Boden abgetragen, insbesondere, wenn die Saatbettbereitung intensiver ausfiel und der Bodenbedeckungsgrad deshalb gering war. Im Vergleich zur Situation ohne Mulchsaat bieten diese Felder trotzdem besseren Schutz vor Abschwemmung.

6.2.3 Einzugsgebiete Aichbach und Wolfsbach

Die beiden Einzugsgebiete entwässern zur Isar unterhalb Landshut. Am Endpunkt der beiden Seitentäler liegen die Ortschaften Niederaichbach und Wolfsbach. Wolfsbach liegt noch komplett in dem eng eingeschnittenen Tal des gleichnamigen Wolfsbach und wurde deshalb bereits in der Vergangenheit von Überschwemmungen des Wolfsbachs hart getroffen.

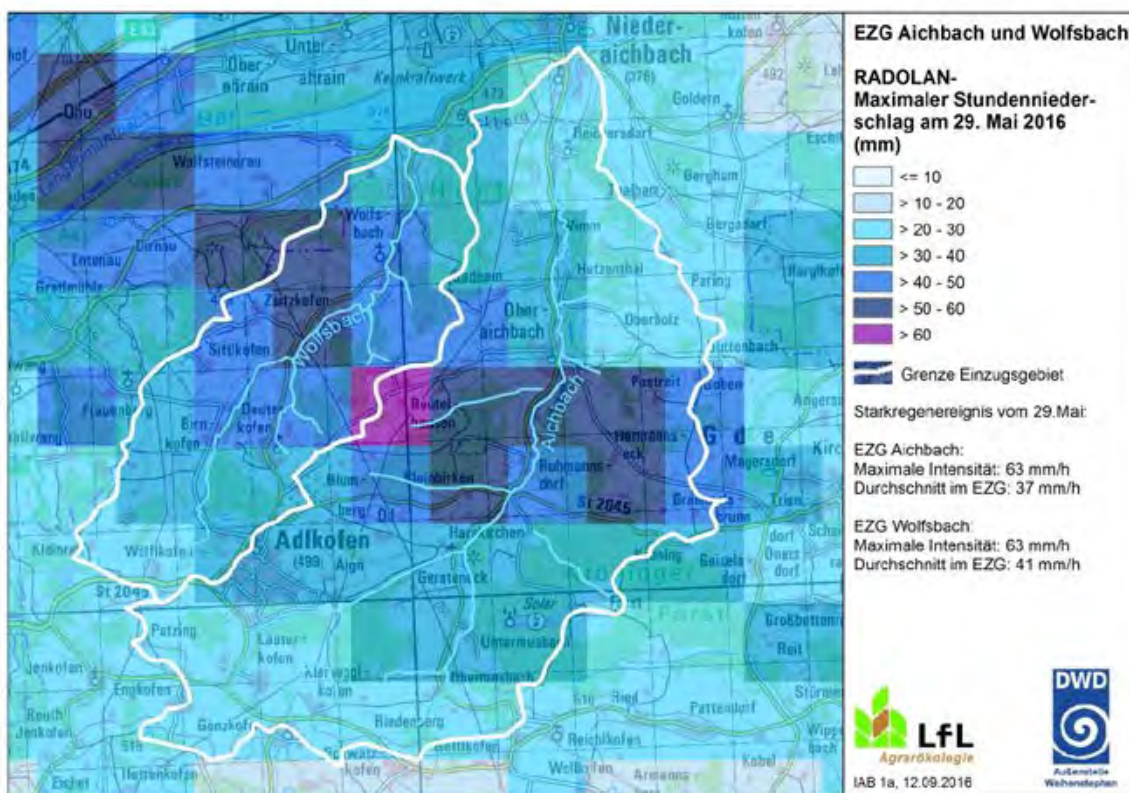


Abb. 69: Maximaler Stundenniederschlag am 29.05.2016 in den Einzugsgebieten

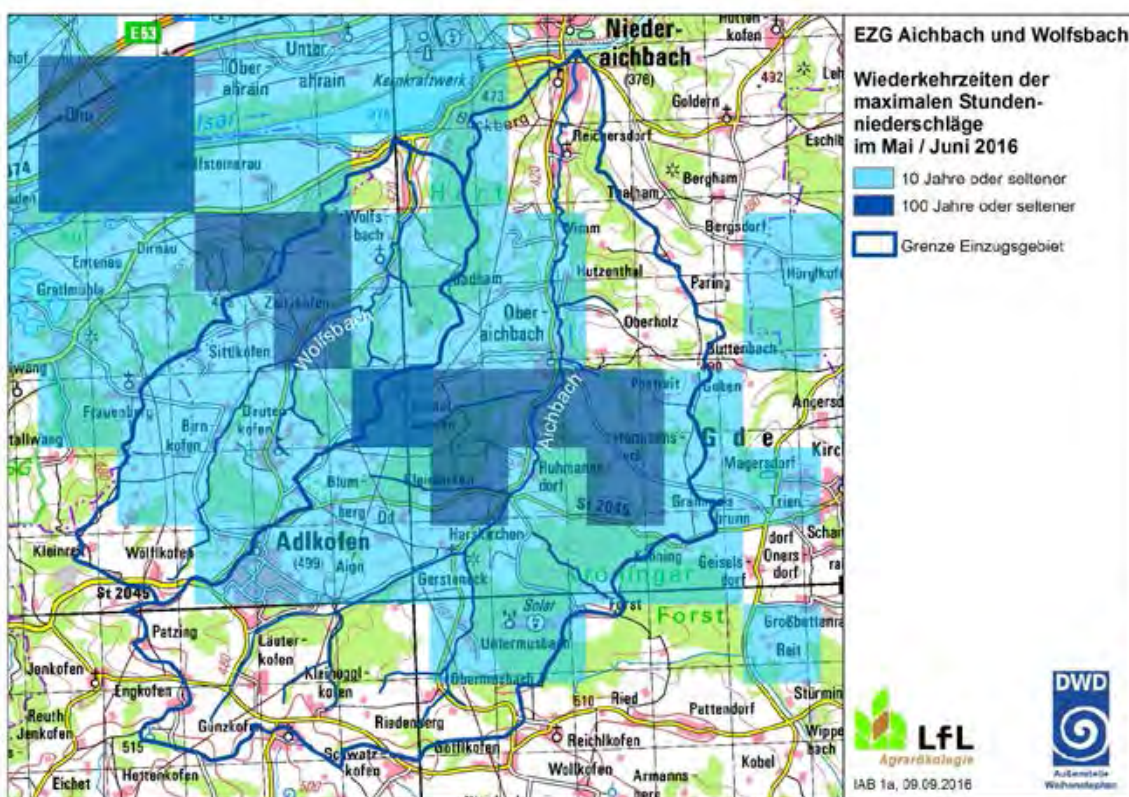


Abb. 70: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016. Prägend ist der 29.05.2016.

Die niedergegangenen Regenmengen sind ungleichmäßig über die Einzugsgebiete verteilt (Abb. 69). Die Jährlichkeiten überschreiten in einigen RADOLAN-Zellen die Grenze von 100 Jahren (Abb. 70). Das kleinere Wolfsbach-Einzugsgebiet weist über die Fläche gemittelt noch höhere Niederschlagsintensitäten auf als das Aichbach-Einzugsgebiet (Abb. 71 und Abb. 72).

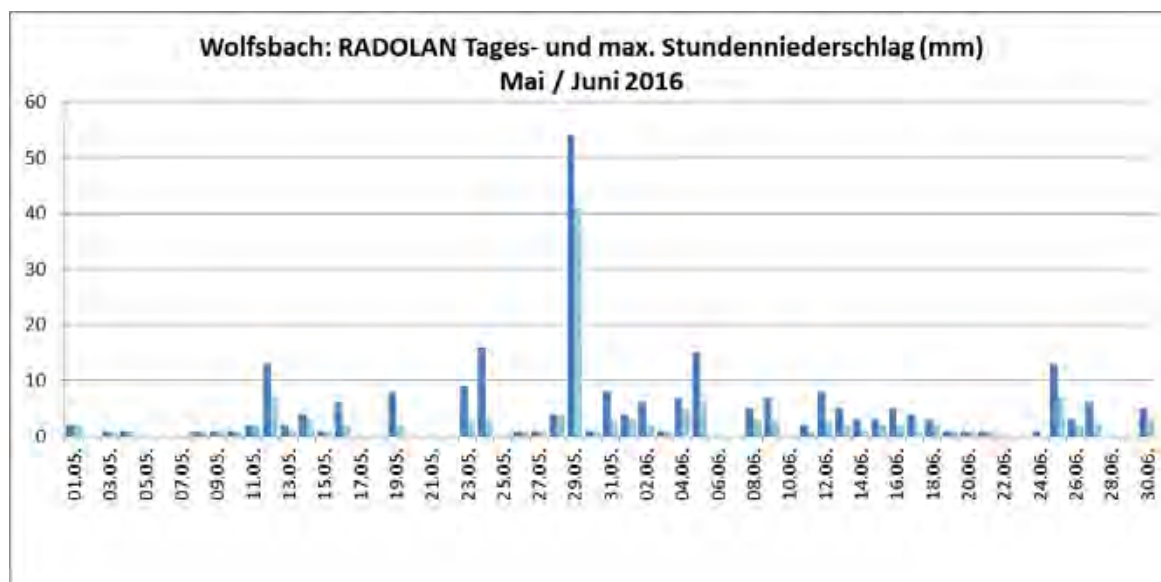


Abb. 71: Über das Einzugsgebiet des Wolfsbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

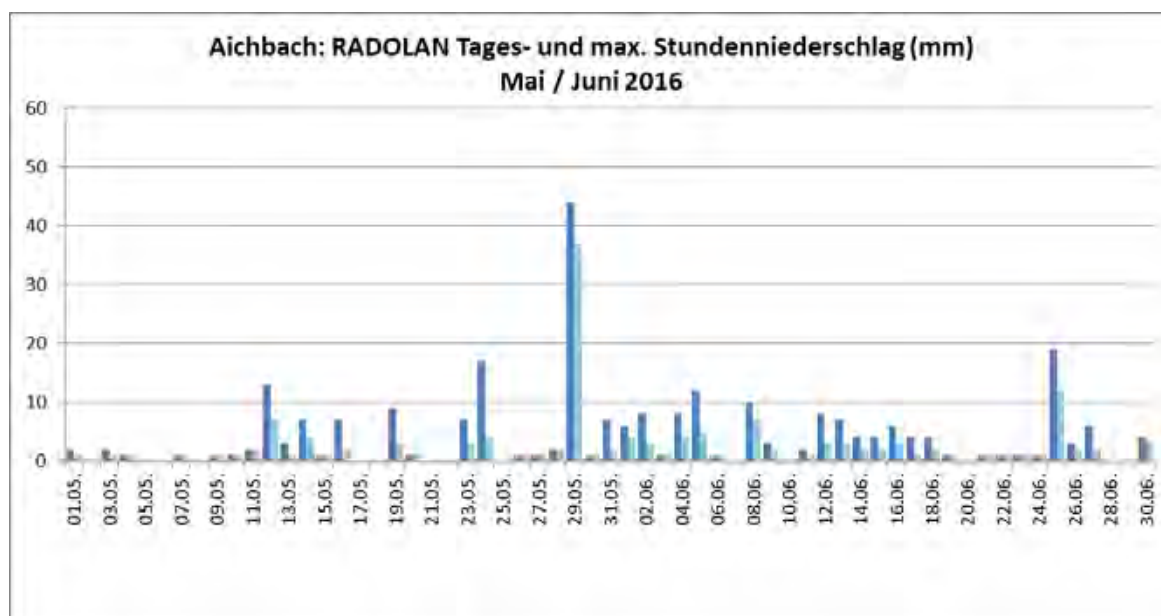


Abb. 72: Über das Einzugsgebiet des Aichbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

Der Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF) und damit auch an Ackernutzung und an Maisanbaufläche ist im Wolfsbach-Einzugsgebiet höher als im Aichbach-Einzugsgebiet, siehe die Daten zur Landnutzung und landwirtschaftlichen Bewirtschaftung in Tab. 4. Der Vergleich der aktuellen Daten mit dem Jahr 2005 (erste georeferenzierte INVEKOS-Daten) ergibt, dass der Anteil an Maisanbaufläche an der Gesamtfläche der Einzugsgebiete gestiegen ist, im Aichbach-Einzugsgebiet von 12 auf 13 %, im Wolfsbach-Einzugsgebiet von 17 auf 21 %.

Tab. 4: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Aichbach und Wolfsbach (INVEKOS 2016)

| | Aichbach | | Aichbach | | Wolfsbach | | Wolfsbach | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| | 2005 | | 2016 | | 2005 | | 2016 | |
| | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % |
| Landnutzung | | | | | | | | |
| Einzugsgebiet | 3.217 | 100 | 3.217 | 100 | 1.335 | 100 | 1.335 | 100 |
| Wald | 1.031 | 32 | 1.031 | 32 | 326 | 24 | 326 | 24 |
| LF | 1.786 | 56 | 1.752 | 54 | 849 | 64 | 832 | 62 |
| | | | | | | | | |
| Dauergrünland | 241 | 7 | 219 | 7 | 95 | 7 | 90 | 7 |
| Acker | 1.546 | 48 | 1.534 | 48 | 753 | 56 | 742 | 56 |
| | | | | | | | | |
| Ackerfutter | 172 | 5 | 95 | 3 | 60 | 5 | 50 | 4 |
| Mähdruschfrüchte | 986 | 31 | 986 | 31 | 444 | 33 | 389 | 29 |
| Mais | 374 | 12 | 426 | 13 | 222 | 17 | 277 | 21 |
| Sonstige Reihenkulturen | 4 | < 1 | 14 | < 1 | 8 | 1 | 9 | 1 |

Wald-Layer aus ATKIS-Basis-DLM (BVV: Amtliches Digitales Basis-Landschaftsmodell) von 2013, deshalb keine Differenzierung zwischen 2005 und 2016



Abb. 73: Der Wolfsbach fließt direkt durch den Ort, am 29.5. bis zur Höhe der Schmutzkante am Gebäude im Hintergrund. Foto 31.05.2016



Abb. 74: Nach der Überflutung im Ortsbereich von Wolfsbach, Foto 31.05.2016



Abb. 75: Nach der Überflutung im Ortsbereich von Wolfsbach, Foto 31.05.2016



Abb. 76: Der Wolfsbach am Ortsende von Wolfsbach nach Ablauf des Hochwassers, Foto 30.05.2016



Abb. 77: Abschwemmung und Anlandung von Boden aus einem Maisfeld oberhalb von Wolfsbach, Mulchsaat mit intensiver Saatbettbereitung und deshalb geringer Bodenbedeckung, Foto 31.05.2016



Abb. 78: Maisfeld mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung ("Direktsaat") im Einzugsgebiet des Aichbachs, kaum Bodenabschwemmung in der Fläche, Foto 31.05.2016, Blickrichtung siehe roter Pfeil im Luftbild Abb. 79



Abb. 79: Luftbildaufnahme des obigen Feldes mit Mais-Direktsaat am 06.06.2016 (W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling), Spuren von Wasserabfluss nach rechts unten in den Wald, nur geringer Bodenaustrag trotz ca. 50 mm Regen in der Stunde, zusätzlicher Schutz durch grünen Streifen (Raps) am Unterrand des Maisfeldes; roter Pfeil: Fotoposition Abb. 78.

6.2.4 Einzugsgebiete Kleine Laber (bis Neufahrn i. NB) und Goldbach

Der Goldbach fließt in Neufahrn in die Kleine Laber, die dann über die Große Laber in die Donau entwässert. Am Endpunkt der beiden hier näher analysierten Einzugsgebiete liegt also Neufahrn i.NB.

Die am 29. Mai niedergegangenen Regenmengen fallen innerhalb der beiden Einzugsgebiete recht unterschiedlich aus (Abb. 80). Teilgebiete waren kaum von den Gewitterregen betroffen, wenig entfernt überschritten die Stundenwerte die Marke von 50 oder gar 60 mm. Gemittelt über die beiden Einzugsgebiete werden dennoch Tagessummen von knapp 40 mm (Goldbach) und 50 mm (Kleine Laber), sowie maximale Stundenniederschläge von 25 mm (Goldbach) und 33 mm (Kleine Laber) erreicht (Abb. 82 und Abb. 83). Die Jährlichkeiten der maximalen Stundenwerte liegen großflächig über 10 Jahren, teils auch über 100 Jahren (Abb. 81).

Die Landnutzung (Tab. 5) ist geprägt vom Ackerbau (ca. 60 % der Einzugsgebietsfläche), der Maisanbau spielt eine wichtige Rolle (ca. 20 % der Einzugsgebietsfläche). Die Maisanbaufläche hat von 2005 auf 2016 zugenommen (von 17 auf 20 % im Laber-Einzugsgebiet bzw. von 18 auf 21 % im Goldbach-Einzugsgebiet). Zwischenfruchtanbau vor Mais ist Standard. Der Grünlandanteil ist sehr gering (3 bzw. 2 %) und hat von 2005 auf 2016 noch etwas abgenommen.

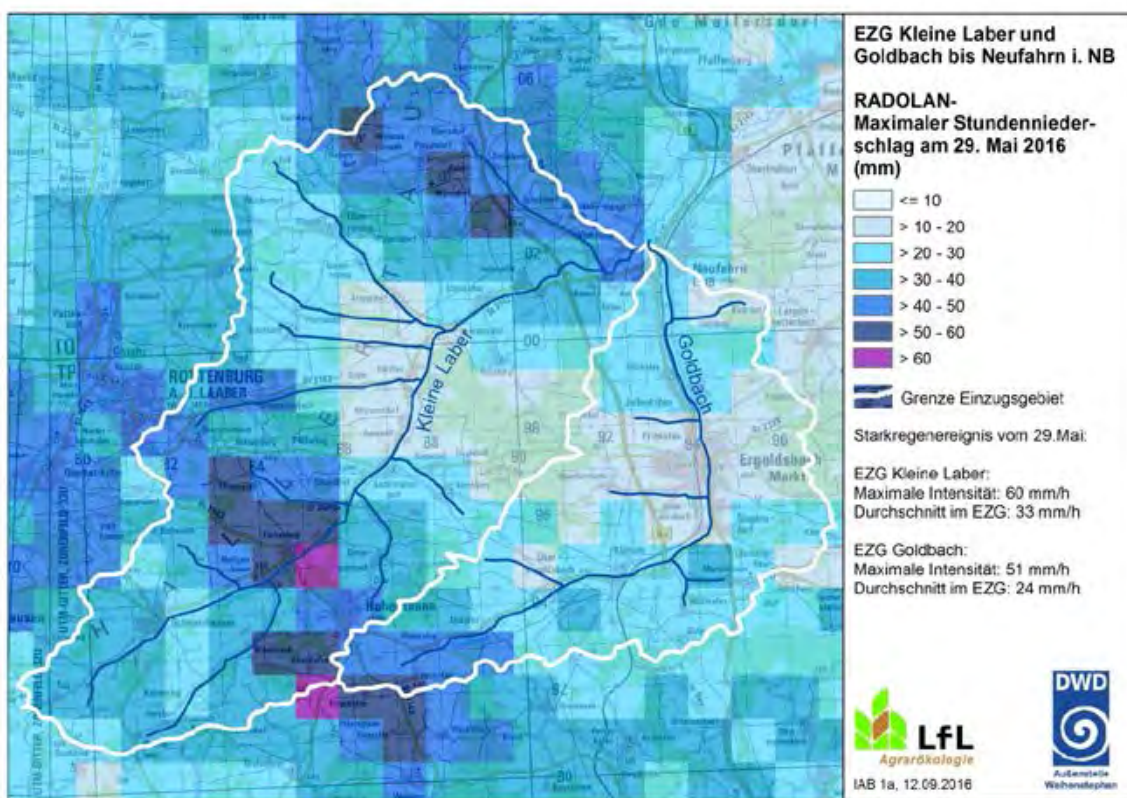


Abb. 80: Maximale Stundenniederschläge am 29.05.2016 in den Einzugsgebieten Kleine Laber und Goldbach

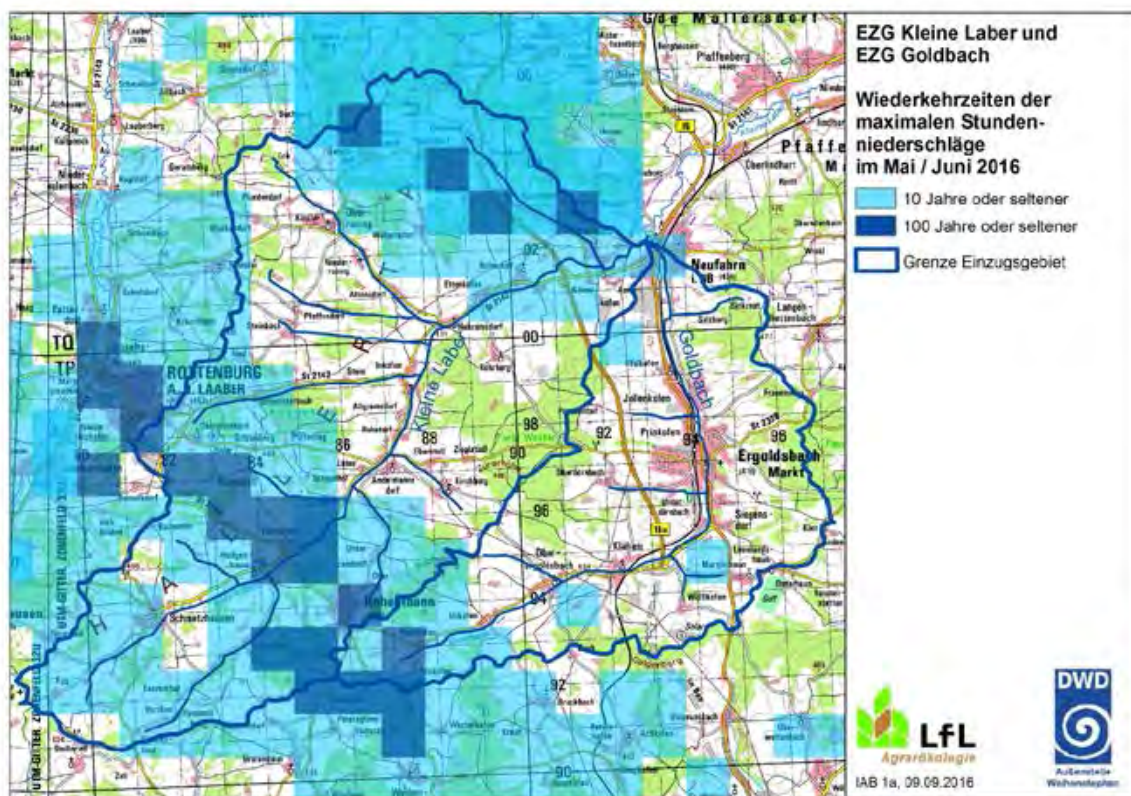


Abb. 81: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge im Mai und Juni 2016, prägend ist das Ereignis vom 29.05.2016

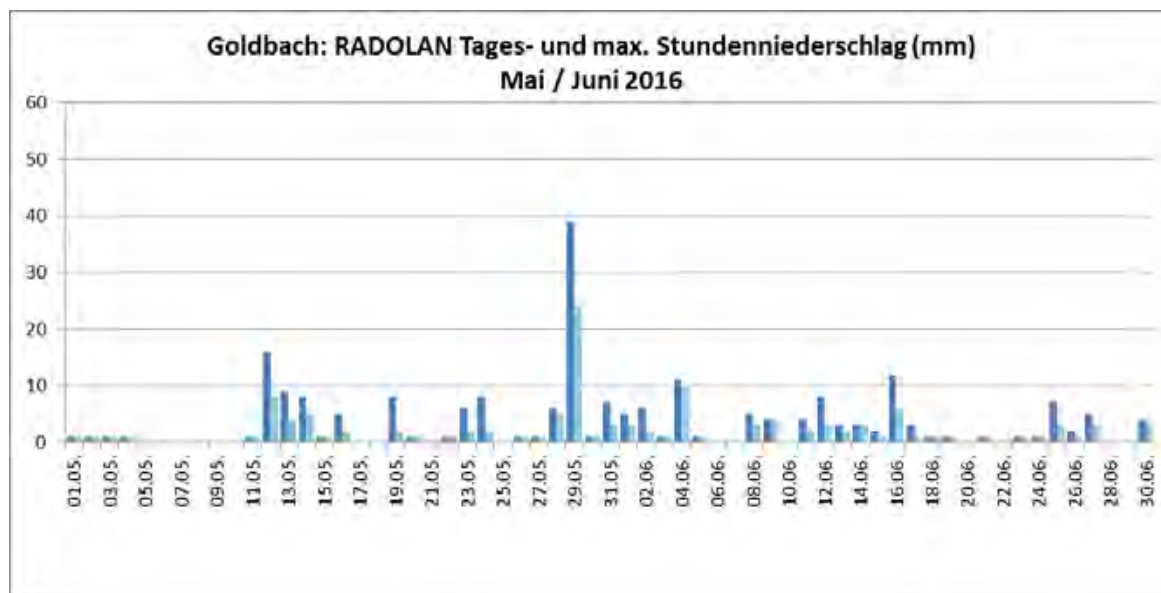


Abb. 82: Über das Einzugsgebiet des Goldbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

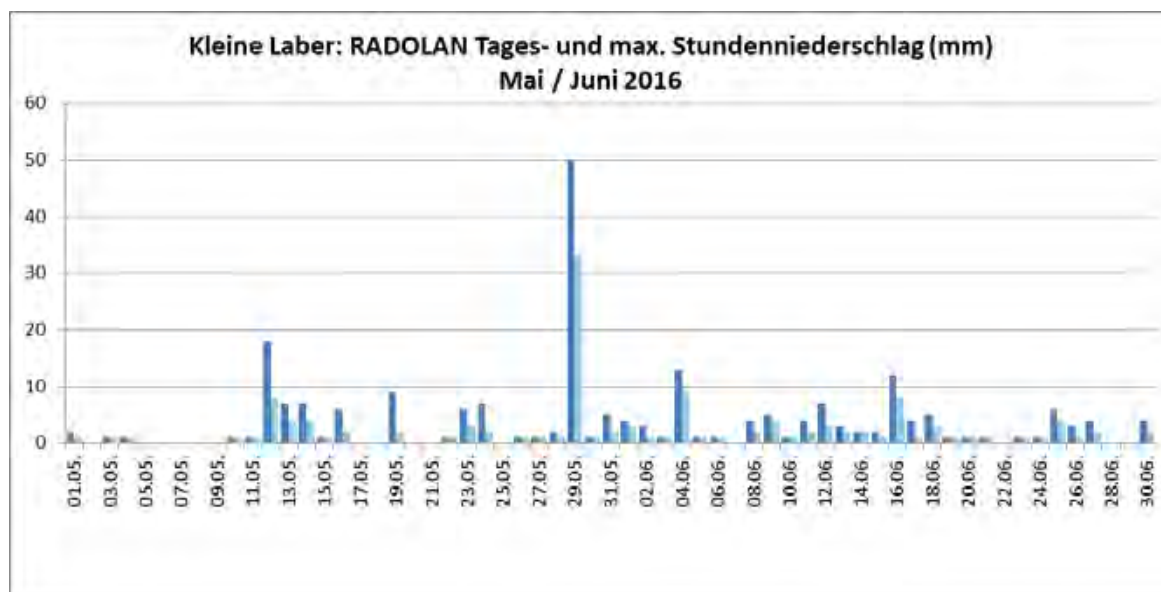


Abb. 83: Über das Einzugsgebiet der Kleinen Laber (bis Neufahrn i.NB) gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

Tab. 5: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Goldbach und Kleiner Laber (bis Neufahrn i.NB), INVEKOS

| | Kleine Laber | | Kleine Laber | | Goldbach | | Goldbach | |
|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| | 2005 | | 2016 | | 2005 | | 2016 | |
| Landnutzung | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % |
| Einzugsgebiet | 11.266 | 100 | 11.266 | 100 | 5.375 | 100 | 5.375 | 100 |
| Wald | 2.866 | 25 | 2.866 | 25 | 1.184 | 22 | 1.184 | 22 |
| LF | 7.197 | 64 | 7.092 | 63 | 3.386 | 63 | 3.248 | 60 |
| Dauergrünland | 471 | 4 | 375 | 3 | 135 | 3 | 129 | 2 |
| Acker | 6.726 | 60 | 6.717 | 60 | 3.251 | 60 | 3.119 | 58 |
| Ackerfutter | 542 | 5 | 257 | 2 | 263 | 5 | 157 | 3 |
| Mähdruschfrüchte | 3.996 | 35 | 3.887 | 35 | 1.869 | 35 | 1.740 | 32 |
| Mais | 1.867 | 17 | 2.295 | 20 | 950 | 18 | 1.122 | 21 |
| Sonstige Reihenkulturen | 209 | 2 | 153 | 1 | 160 | 3 | 94 | 2 |
| Hopfen | 111 | 1 | 103 | 1 | 6 | < 1 | - | - |

Wald-Layer aus ATKIS-Basis-DLM (BVV: Amtliches Digitales Basis-Landschaftsmodell) von 2013, deshalb keine Differenzierung zwischen 2005 und 2016

Abschwemmung aus einem Maisfeld ohne Mulchsaat (Abb. 84 bis Abb. 86):



Abb. 84: Mais ohne Mulchsaat, Hangneigung ca. 3 - 4 % (Einzugsgebiet Goldbach), Foto 31.05.2016



Abb. 85: Mit Schlamm aus dem Maisfeld der obigen Abbildung befrachtete Straße



Abb. 86: Unterhalb des Maisfeldes aus Abb. 84 im August, Graben geräumt, Durchlässe weiterhin mit Bodenmaterial verstopft, Foto 01.08.2016

Mais ohne Saatbettbereitung, keine Abschwemmung (Abb. 87 und Abb. 88):



Abb. 87: Direkt gesäter Mais, kaum Bodenabschwemmung, Blick nach Süden, direkte Nachbarschaft zu Abb. 84 (Einzugsgebiet Goldbach) Foto 31.05.2016

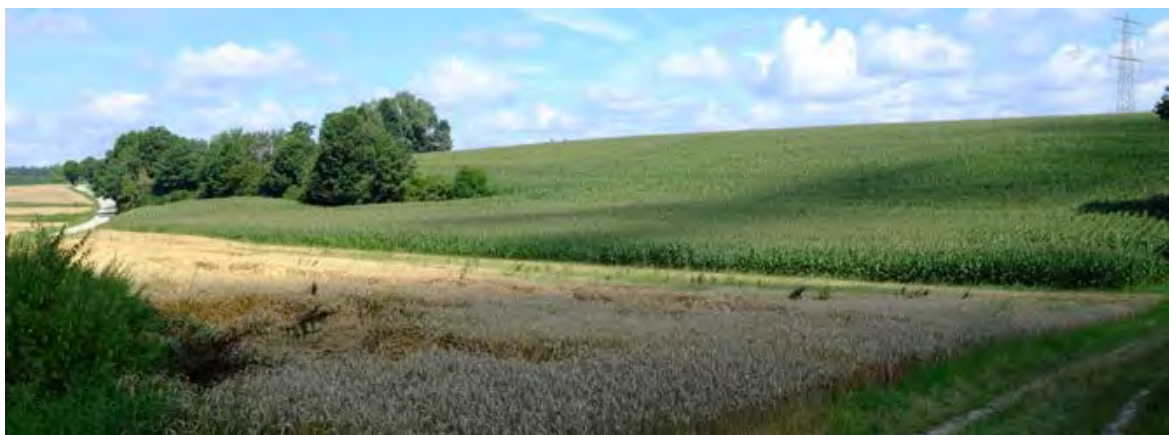


Abb. 88: Blick auf das Maisfeld (Direktsaat) von Abb. 87 von Süden nach Nord, Foto 01.08.2016

Bodenabschwemmungen bei Maissaat in Gefällrichtung (Abb. 89 bis Abb. 94):



Abb. 89: *Erodierte Hänge und Überflutungsbereich eines Grabens im Einzugsgebiet Kleine Laber, roter Pfeil: Foto Abb. 91. Luftbildaufnahme am 06.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling*



Abb. 90: *Weiterer Umriss der Geländetopographie des Luftbilds aus Abb. 90, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013*



Abb. 91: 10 cm tief ausgespülte Fahrspuren der Maissaat, flächig mehr als 300 t/ha Bodenabtrag (Einzugsgebiet Kleine Laber), Fotoposition siehe Abb. 89 (31.05.2016)



Abb. 92: Abschwemmung aus der Schlepperfahrspur beim Maissäen, siehe Bild oben, Foto 31.05.2016



Abb. 93: Blick vom Graben aus in das erodierte aber dennoch gut entwickelte Maisfeld von Abb. 91, Foto 01.08.2016



Abb. 94: Überschwemmungs- und Anlandungsfläche, links der Graben, Foto 01.08.2016

Starkregen und Erosion 2011 und 2016 (Abb. 95 bis Abb. 99):

In der LfL-Feldstudie „Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen“ (Kistler et al. 2013) wurde im Jahr 2011 ein Starkregenereignis im gleichen Gebiet wie 2016 nordwestlich von Neufahrn dokumentiert. Teilweise sind 2016 dieselben Feldstücke wie 2011 von massiven Abschwemmungen betroffen (Abb. 95).



Abb. 95: Bodenerosion im Einzugsgebiet Kleine Laber, links nach dem Ereignis am 29.05.2016, Luftbildaufnahme am 06.06.2016, rechts nach dem Ereignis am 12.05.2011, Luftbildaufnahme am 18.05.2011, Luftbilder jeweils W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling. Roter Pfeil: Foto Abb. 97



Abb. 96: Geländetopographie der Luftbilder aus Abb. 95, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013



Abb. 97: Abschwemmung und Anlandung, Fotoposition siehe Pfeil in Abb. 95, Foto 31.05.2016



Abb. 98: Identische Fotoposition wie in der obigen Abbildung, Foto 01.08.2016



Abb. 99: Aus dem Oberhang verlagertes fein- bis mittelkörniger Kies. Feinmaterial wurde mit dem Oberflächenabfluss weggetragen. Foto im Anlandungsbereich von Abb. 97 am 01.08.2016

Rückstau vor mit Mulchmaterial verstopfem Durchlass:

Abb. 100: Situation nach Ausuferung des Baches wegen verstopfem Durchlass (unten im Bild), Fließrichtung nach unten, Einzugsgebiet Kleine Laber. Beispiel für (ungeplanten) Wasserrückhalt



Abb. 101: Gleiche Bildposition wie Abb. oben, Foto 01.08.2016

Erosion und gebündelter Abfluss in einer Tiefenlinie (Abb. 102 bis 110):

Abb. 102: Massive Bodenabschwemmung aus Maisfeld (links), Abfluss in der Tiefenlinie durch das Weizenfeld und Anlandung im Maisfeld rechts. Luftbildaufnahme am 06.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling



Abb. 103: Geländetopographie des Luftbilds oben, bearbeitetes Orthofoto der Bayer. Vermessungsverwaltung, aufgenommen 2013



Abb. 104: Blick auf das erodierte Maisfeld. Im Hintergrund ist die Abflussrinne erkennbar (siehe Luftbild oben). Foto 31.05.2016



Abb. 105: Gleiche Fotoposition wie Bild oben, Foto 01.08.2016



Abb. 106: Massive Abschwemmung in der Mitte der Hangmulde, Foto 31.05.2016



Abb. 107: Wasserweg durch den Winterweizen in den Talgrund. Fortsetzung des Talwegs aus dem Maisfeld im Foto oben, Foto 31.05.2016



Abb. 108: Gleiche Fotoposition wie Abb. 107 oben, Foto 01.08.2016



Abb. 109: Maisbestand in der Abtragsfläche von Abb. 106, 01.08.2016



Abb. 110: Anlandung im Maisfeld oberhalb des Wäldchens, siehe Abb. 105, Foto 01.08.2016

6.3 Hemau – Laaber: Starkregen mit Hagel

Mittelbayerische Zeitung, 29. Mai 2016, 17:15 Uhr

<http://www.mittelbayerische.de/region/regensburg-land/gemeinden/hemau/unwetter-bringt-hagel-und-schlamm-21387-art1384012.html> Michael Jaumann, Ingrid Kroboth und Beate Popp, MZ

Unwetter bringt Hagel und Schlamm

Nach 30 Minuten Weltuntergangsstimmung: In Hemau und Laaber waren die Einsatzkräfte bis in die Nacht hinein im Einsatz.

Hemau. Von Hagelkörnern, groß wie Taubeneier, berichteten Augenzeugen des Unwetters vom Samstagnachmittag im westlichen Landkreis. Während die einen erst ein herannahendes Gewitter mit Donnerrollen und Blitzen bemerkt hatten, wechselte der Himmel andernorts von Sonnenschein sofort zu Hagelschauern. Rasch waren die Straßen bis zu zehn Zentimeter dick mit Eis bedeckt und verstopften die Gullys.

Getroffen hatte es vor allem die Stadt Hemau auf den Anhöhen des Tangrintel und den Markt Laaber im Kessel des Labertals. Entsprechend unterschiedlich gestalteten sich die Schäden. In Hemau was es der Hagel, der die Kanalisation verstopfte, in Laaber ergossen sich wahre Schlammflüsse in die Kanalschächte und weiter in die Keller der Anlieger am Fuß der Schernrieder Straße. Von immensen Schäden berichtete Kreisbrandrat Wolfgang Scheuerer, der sich im westlichen Landkreis bei seinen Feuerwehren informierte.

Wassermassen und Eisbrocken

Es war am Samstag gegen 15.45 Uhr, als aus einem sprichwörtlich „heiteren Himmel“ gewaltige Wassermassen und dicke Eisbrocken fielen – 30 Minuten Weltuntergangs-Stimmung. „So etwas habe ich hier noch nie erlebt“, sagt eine Anwohnerin in Hemau. Und da geht es ihr wie vielen alteingesessenen Bürgern in Hemau und Laaber. Das THW in Laaber spricht gar von einem „hundertjährigen Hochwasser“.

Während die Sonne bereits wieder schien, rückten die Feuerwehren zur Schadensbegrenzung aus. „Wir hatten noch Glück im Unglück“, relativierte Hemaus Bürgermeister Hans Pollinger am Sonntag das Naturereignis: „Damit müssen wir umgehen.“ Wichtig sei, dass niemand verletzt wurde – „alles andere ich heilbar“. Die Kläranlagen und Pumpstationen im Gemeindegebiet hätten auf Hochtouren gearbeitet.

Rund 80 Feuerwehrleute aus Hemau, Beratzhausen, Laaber und Painten seien im Einsatz gewesen, berichtet Renner – von 16 bis 21 Uhr in Hemau und danach noch ein Fahrzeug bis 0.30 Uhr in Laaber. Denn dort hatte das Unwetter noch viel mehr Schaden angerichtet. In der Marktgemeinde im Labertal waren zu den sintflutartigen Regen- und Hagelschauern noch gewaltige Schlamm-Massen gekommen. Wie Bürgermeister Hans Schmid es im Gespräch mit unserer Zeitung beschrieb, war von den vegetativ noch freiliegenden Ackerflächen auf der Hohenschambacher Höhe und bei Großetzenberg die Erde abgetragen und in den Ort gespült worden.

„Wie ein Bach“ sei der Schlamm über die Schernrieder Straße ins Tal gestürzt, habe dort eine Mauer eingedrückt und sei 25 Meter weit in den angrenzenden Garten hineingeflutet. Ein aufgestellter Betontrog fand sich 100 Meter entfernt wieder. „Gott sei Dank“, sind auch in Laaber keine Menschen verletzt worden, doch der materielle Schaden sei schon enorm, fasst Schmid zusammen. So seien in einer bis unter die Decke vollgelaufenen Kellergarage gleich mehrere Autos komplett unter Wasser gestanden, ein öffentlicher Schotterweg wurde weggespült, Gärten verwüstet. Verhindern könne man solche Katastrophen nicht, weiß auch Bürgermeister Schmid. Und doch könnte ein Absetzbecken am Fuß der Schernrieder Straße, über den diesmal so schlimm betroffenen Häusern, in Zukunft das Schlimmste verhindern. Denn das Problem sei der Schlamm, der vermischt mit Schotter die Pumpstationen kaputt mache.

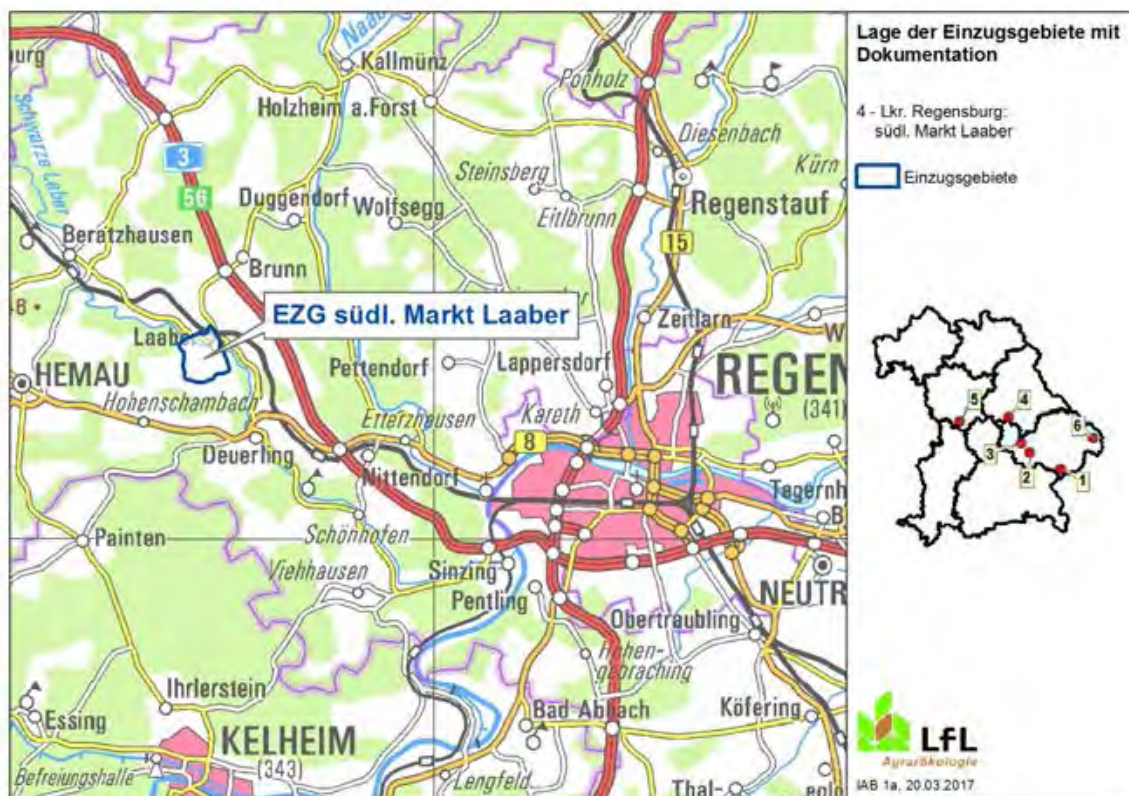


Abb. 111: Lage des Kleineinzugsgebiets bei Laaber

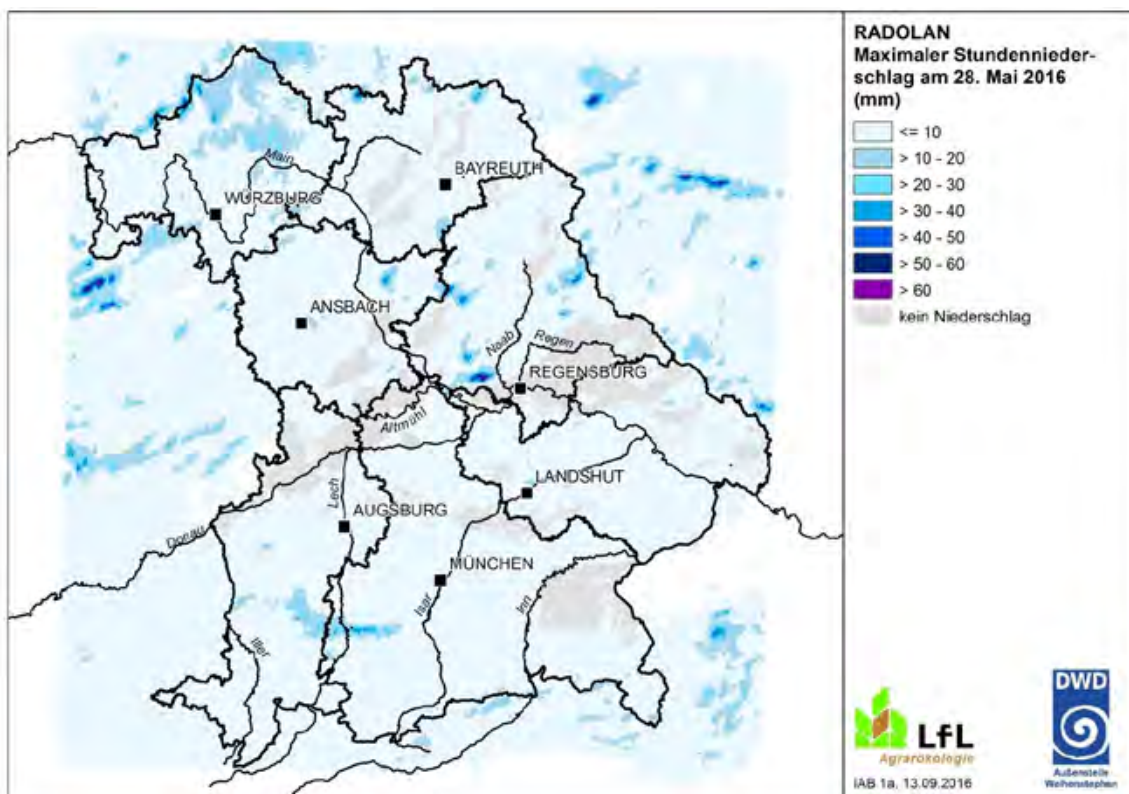


Abb. 112: Maximale Stundenniederschläge in Bayern am 28.05.2016. Das kleine Areal westlich von Regensburg wies die höchste Regenintensität auf.

Zwischen Hemau und Laaber, Landkreis Regensburg, kam es am 28.05.2016 zu einem schweren Unwetter mit Hagelschlag. Boden wurde in erheblichem Umfang abgeschwemmt, insbesondere aus Maisfeldern. Aus der landwirtschaftlich genutzten Hochfläche ergossen sich Wasser und Schlamm in den Markt Laaber.

Die maximalen Stundenniederschläge überschritten in einzelnen RADOLAN-Zellen die 50 mm-Schwelle (Abb. 113). Damit wurde auch eine Jährlichkeit von 100 Jahren überschritten (Abb. 114).

Wir haben ein kleines Einzugsgebiet oberhalb von Laaber mit in die Analyse aufgenommen, weil dort zwei benachbarte Maisfelder verglichen werden konnten, die mit und ohne Saatbettbereitung bestellt waren. Trotz der enorm hohen Intensität des Niederschlags und der Schädigung der kleinen Maispflanzen durch Hagel, hielten sich die Bodenabschwemmungen in dem Feld ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) in Grenzen.

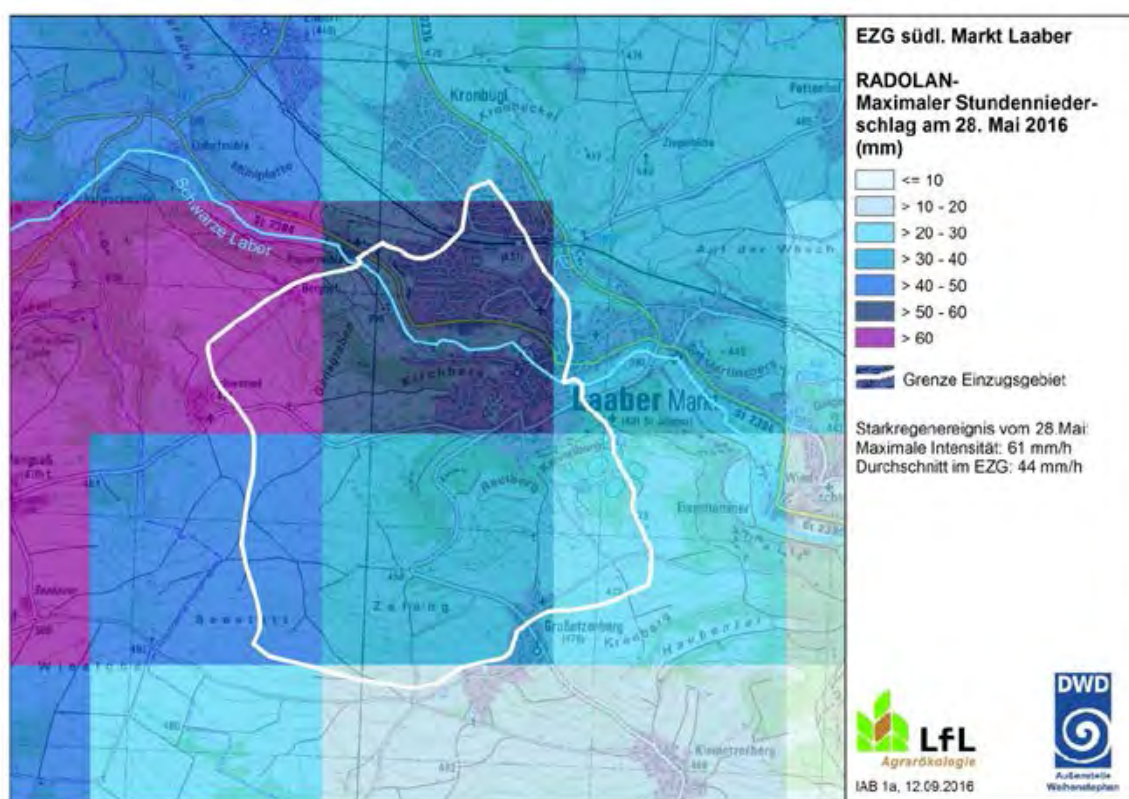


Abb. 113: Maximaler Stundenniederschlag am 28.05.2016 im Kleineinzugsgebiet oberhalb Laaber

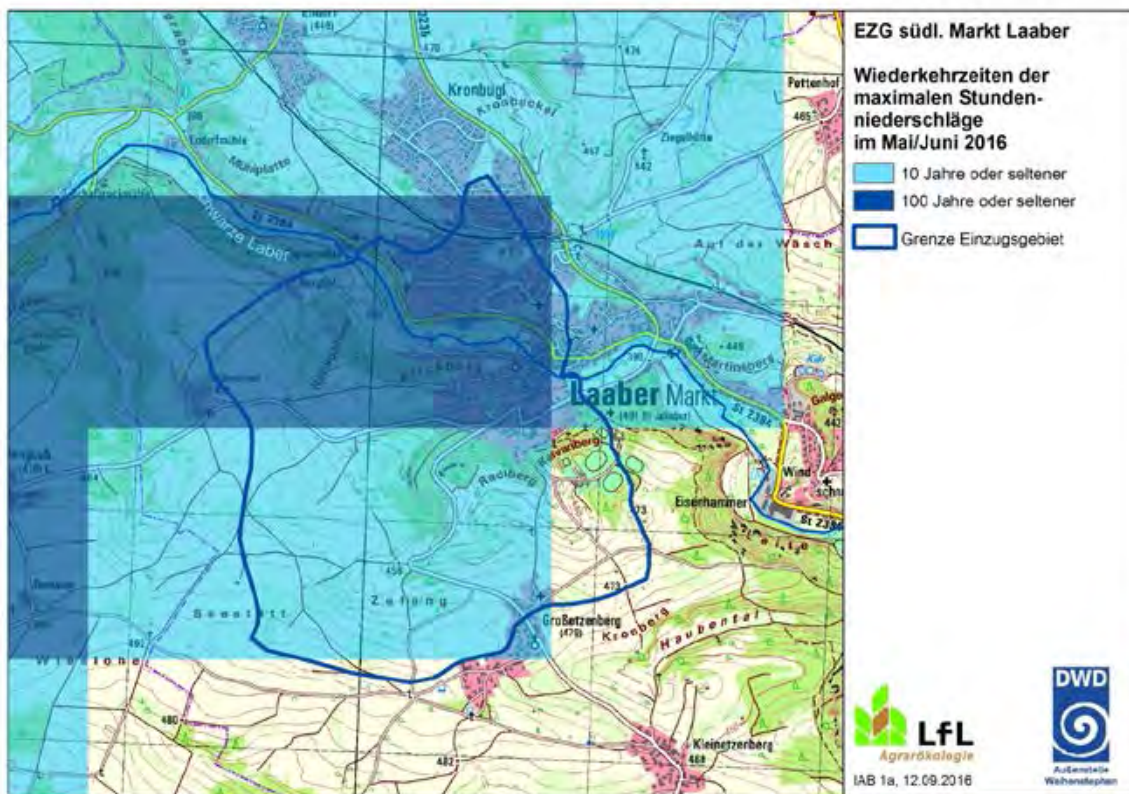


Abb. 114: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge, prägend ist das Ereignis vom 28.05.2016

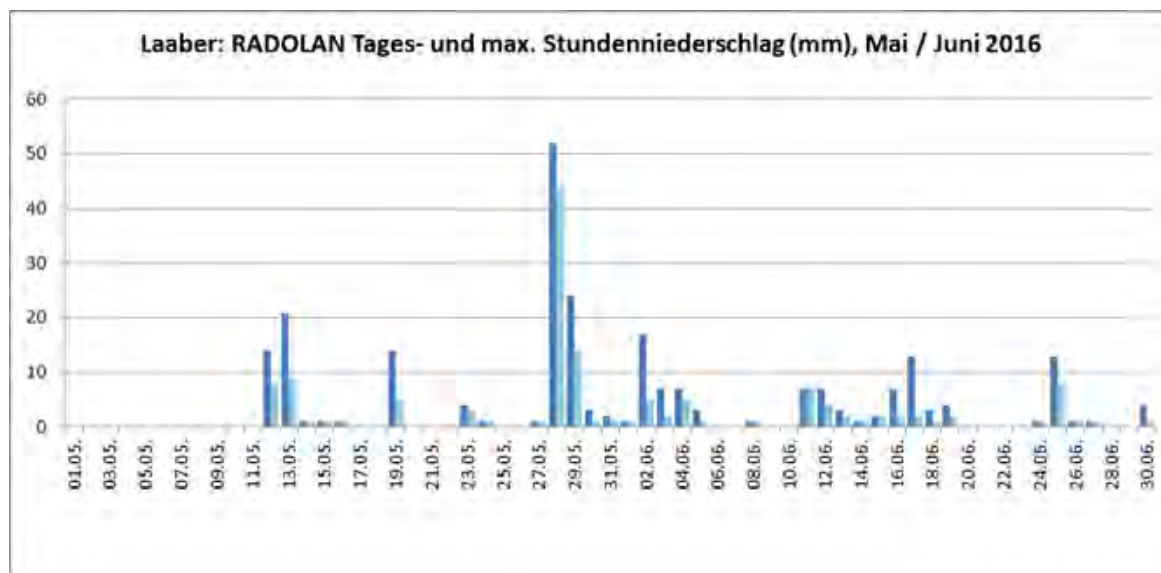


Abb. 115: Über das Kleineinzugsgebiet bei Laaber gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen im Mai und Juni 2016

Bodenabschwemmung aus Maisfeld, Schutz durch Grünland

Abb. 116: Starke Erosion im Maisfeld, das kleine Grünlandfeldstück bremst den Abfluss. Gebiet zwischen Hemau und Laaber, Luftbildaufnahme am 04.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling

Maisbestellung konventionell versus Direktsaat (Abb. 117 bis 124):

Hier wurde ein Fall dokumentiert mit zwei nebeneinander liegenden, unterschiedlich bestellten Maisfeldern, die von massivem Starkregen mit Hagel (ca. 50 mm/h) getroffen worden waren. In beide Felder floss von oben gebündelt Wasser. Entscheidend sind die Unterschiede im Feld. Das Maisfeld links mit intensiver Saatbettbereitung ist flächig von Erosionsrinnen durchzogen mit Abschwemmung in das unterliegende Erbsenfeld. Das Feld mit Direktsaat ist dagegen weitgehend intakt geblieben. Im steilen untersten Hangstück sind Abflusspuren erkennbar, die „Austragsfahne“ ist klein.



Abb. 117: Linkes Maisfeld konventionell bestellt mit starken Abschwemmungen und Bodenausträgen ins unterliegende Feld (Erbsen). Rechtes Maisfeld mit Direktsaat bestellt mit geringen Abschwemmungen. Luftbildaufnahme am 04.06.2016, W. Bauer, Agroluftbild, Obertraubling



Abb. 118: Blick auf das Maisfeld mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“), wenig Bodenabschwemmung in der Fläche, Foto 31.05.2016



Abb. 119: Mulch und stehende Stängel bremsen den Abfluss im ohne Saatbettbereitung bestellten Maisfeld („Jeder Strohalm ein Staudamm!“). Foto 31.05.2016



Abb. 120: Vergleichsweise wenig Abschwemmung aus dem Maisfeld ins unterliegende Grünland („Austragsfahne“). Das Bodenmaterial stammt überwiegend aus dem Vorgewende und dem untersten Hangbereich. Foto 31.05.2016



Abb. 121: Blick in den direkt gesäten Maisbestand am 01.08.2016 mit immer noch hoher Bodenbedeckung durch die Stängel der Zwischenfrucht



Abb. 122: Unteres Ende des benachbarten Maisfeldes (ohne Direktsaat) mit ausgeprägten Ausschwemmungsfahnen in das unterliegende Erbsenfeld, Foto 31.05.2016



Abb. 123: Bildposition wenig unterhalb von Abb.122 zwei Monate später am 01.08.2016



Abb. 124: In der Abflussrinne im Maisfeld ohne Direktsaat ist der Mais ausgeblieben, Foto 01.08.2016

6.4 Windischhausen, Mittelfranken

Treuchtlinger Kurier, 16.05.2016 11:15 Uhr

<http://www.nordbayern.de/region/treuchtlingen/nach-unwetter-schlammlawine-uberrollt-windischhausen-1.5201869>

Nach Unwetter: Schlammlawine überrollt Windischhausen

60 Liter Wasser pro Quadratmeter innerhalb weniger Minuten -

WINDISCHHAUSEN - Am vergangenen Freitagabend kam es in Windischhausen bei einem Unwetter zu einer regelrechten "Flutwelle", die Teile des Dorfes unter Wasser setzte. Gegen 19 Uhr schüttete es rund um Windischhausen wie aus Kübeln. Innerhalb weniger Minuten gingen 60 Liter Wasser pro Quadratmeter nieder. Oberhalb von Windischhausen sammelte sich dadurch eine Wassermasse, die sich schließlich über den Lettenweg und den Spielplatz den Weg in Richtung Dorfmitte suchte. Die Kraft dieser Flut beförderte auch eine größere Zahl von Baumästen aus dem dortigen Waldstück mit in die Ortschaft. Am Spielplatz wurde auf einer Länge von 15 Metern der Parkstreifen auf einer Tiefe von über einem Meter regelrecht wegespült. Das Wasser konnte zunächst nicht in die Rohrach fließen, da der herausgespülte Schotter vom Spielplatz sowie das mitgeführte Astholz sich stauten. So breitete sich das Wasser in der Stichstraße in Richtung Mittelmühle aus. Dort standen binnen kürzester Zeit die Höfe unter Wasser. Mit Hilfe der alarmierten Feuerwehren aus Windischhausen-Heumödern und Auernheim unter der Einsatzleitung vom zweiten Kommandanten Harald Lange aus Windischhausen konnte mit vereinten Kräften und unter Einsatz von Traktoren und Radladern ein Vollaufen von Kellern der anliegenden Anwesen verhindert werden. Ohne den beherzten Einsatz der Feuerwehren aus Windischhausen und Auernheim wäre wohl ein großer Schaden entstanden. ... Hubert Stanka

Treuchtlinger Kurier - 17.06.2016 06:07 Uhr

<http://www.nordbayern.de/region/treuchtlingen/windischhausen-wieder-unter-wasser-1.5275443>

Windischhausen wieder unter Wasser

Regenguss am Mittwoch überflutete das Dorf zum sechsten Mal innerhalb weniger Wochen

WINDISCHHAUSEN – Jetzt reicht es den Bürgern von Windischhausen langsam. Der Ton wird deutlich rauher. Am Mittwoch stand das Dorfzentrum schon wieder unter Wasser – zum sechsten Mal innerhalb von wenigen Wochen. Und offizielle Lösungsansätze gegen die dauernden Überschwemmungen sind von Behördenseite noch nicht bekannt geworden.

Wie von Bürgern aus dem Ort mitgeteilt wurde, hatte es am Mittwochnachmittag rund 20 Liter pro Quadratmeter geregnet. Das braune Wasser floss wieder von der Hochfläche über den Lettenweg und den Spielplatz in die Dorfmitte. Erneut musste die Feuerwehr Windischhausen-Heumödern unter Führung des Kommandanten Georg Reulein ausrücken und die Schäden beseitigen bzw. Anlieger vor den Wassermassen schützen. Noch am Abend wurden von der Feuerwehr in Eigenregie mehrere Hundert Sandsäcke befüllt, um in Zukunft gegen die schlammige Flut noch besser gewappnet zu sein.

Mittlerweile rechnet man in Windischhausen bei jedem stärkeren Regen mit einem Wasserabgang und einer Schlammpackung. „Die Dorfgemeinschaft erwartet langsam von den zuständigen Behörden bzw. Stellen eine Lösung“, so die klare Aussage eines Bürgers. Der Spielplatz sei seit Wochen nicht mehr zu benutzen und sehe aus wie eine Sumpflandschaft. Außerdem hat man im Dorf noch größere Befürchtungen. Die Regenmengen hielten sich nämlich bislang noch in Grenzen. Es sei aus Sicht der Anlieger nur eine Frage der Zeit, dass bei einer größeren Niederschlagsmenge auch ein größerer Schaden entstehe.

Guter Rat ist teuer. Bislang scheint sich niemand von Behördenseite zuständig zu fühlen. Klar ist, dass sich irgendetwas im Bereich der Hochfläche verändert hat. Möglicherweise trägt dazu die Art

der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung bei. Dies ist aber bislang nur eine Mutmaßung. Allerdings sprechen die Wasser- und Erosionsrinnen in den Maisfeldern oberhalb des Ortes eine deutliche Sprache.

Ortssprecher Hans König sieht zudem eine Verquickung von unglücklichen Umständen. So gab es den ersten heftigen Regen, als der Boden auf den Äckern völlig „offen“ lag. Dadurch seien feste Erosionsrinnen entstanden, die nun das Wasser bei jedem Regen sehr schnell ins Tal abfließen lassen. König sieht Flutmulden und Steinhindernisse als mögliche Abhilfe. Er will jedenfalls nicht den Landwirten auf der Hochfläche allein die Schuld zuschieben und setzt auf eine pragmatische Lösung auf kurzem Dienstweg.

Dass irgendwie Abhilfe geschaffen werden muss, liegt auf der Hand. Was passiert, wenn 50 Liter Regen pro Quadratmeter herunterkommen oder gar 100? Derartiger Starkregen ist heutzutage ja nicht mehr selten. In Windischhausen hofft man nun auf eine Initiative seitens der Behörden. Dabei scheint bislang allerdings nicht ganz klar, wer eigentlich zuständig ist. Das Landwirtschaftsamt? Das Wasserwirtschaftsamt? Die Stadtverwaltung? Die Naturschutzbehörde?

In dem kleinen Gebiet oberhalb Windischhausen, Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen am Hahnenkamm, kam es am 13. Mai zu hohen und heftigen Niederschlägen. Die Tagessumme überschreitet die 60 mm-Marke (Abb. 125). Die Wassermassen aus dem kleinen Einzugsgebiet oberhalb Windischhausen flossen gebündelt durch den steilen, bewaldeten Hangeinschnitt in die Ortschaft. Aus einem Maisfeld auf der Hochfläche wurde Boden abgetragen und mit dem Abfluss als Schlamm in das unterliegende Feld und teilweise auch in den Ort geschwemmt. Im Verlauf des Mai und Juni folgten dann weitere Regenfälle, die wiederum zu Überflutungen im Ortsbereich führten.

Beim Vergleich der Landnutzung der Jahre 2005 und 2016 fällt auf, dass der Grünlandanteil in dem kleinen Einzugsgebiet deutlich zurückgegangen ist (Tab. 6). Flächen, die 2016 von Bodenabschwemmung oder gebündeltem Oberflächenabfluss betroffen waren, sind 2005 noch als Grünlandnutzung ausgewiesen.

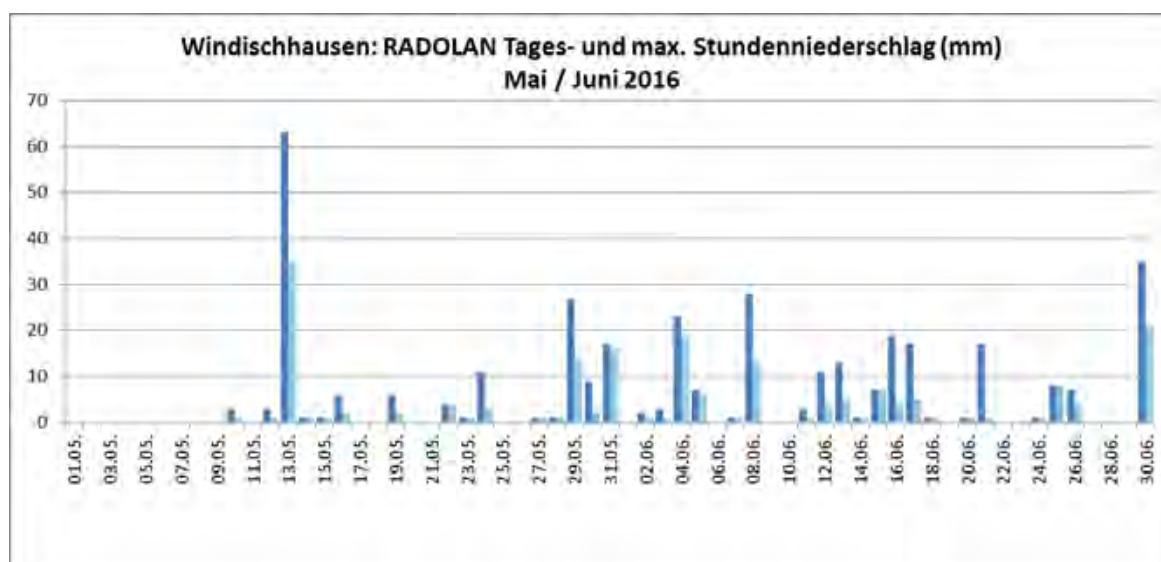


Abb. 125: Über das Kleineinzugsgebiet oberhalb Windischhausen gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen im Mai und Juni 2016



Abb. 126: Abflussrinne im Maisfeld, Fotoposition siehe roter Pfeil in Abb. 127 unten. Den Hafer hat der Landwirt nach dem Ereignis eingesät, um die Versickerung zu verbessern. Foto 08.08.2016

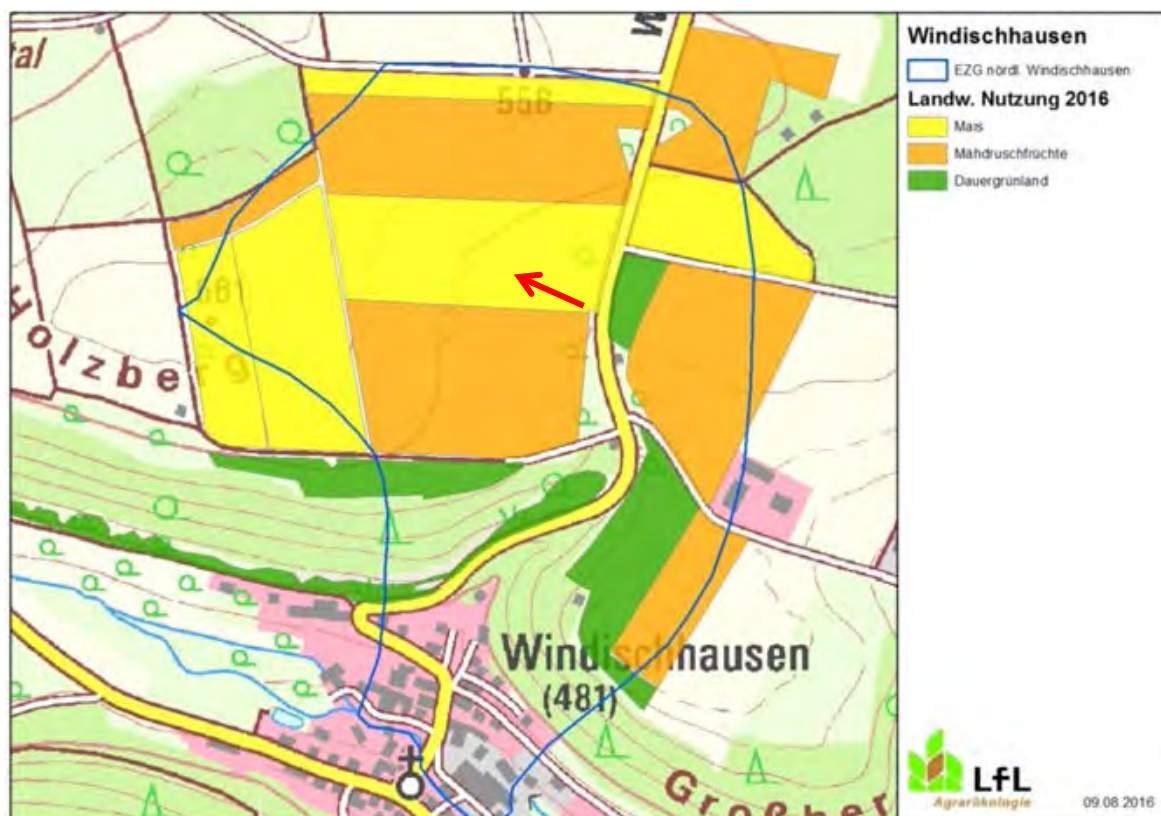


Abb. 127: Landnutzung oberhalb Windischhausen im Jahr 2016. Pfeil: Foto Abb. 126

Tab. 6: Landnutzung im Kleineinzugsgebiet oberhalb Windischhausen in den Jahren 2005 und 2016 (INVEKOS)

| | Windischhausen | | Windischhausen | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | 2005 | | 2016 | |
| Landnutzung | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % |
| Einzugsgebiet | 42 | 100 | 42 | 100 |
| Wald | 5 | 13 | 5 | 13 |
| LF | 30 | 71 | 29 | 71 |
| | | | | |
| Dauergrünland | 9 | 20 | 4 | 9 |
| Acker | 21 | 51 | 26 | 61 |
| | | - | | |
| Ackerfutter | 2 | 5 | - | - |
| Mähdruschfrüchte | 13 | 31 | 15 | 36 |
| Mais | 6 | 15 | 10 | 25 |
| Sonstige Reihenkulturen | - | - | - | - |

Wald-Layer aus ATKIS-Basis-DLM (BVV: Amtliches Digitales Basis-Landschaftsmodell) von 2013, deshalb keine Differenzierung zwischen 2005 und 2016

6.5 Waldkirchen – Freyung, Ereignis 25.06.2016

Passauer Neue Presse

http://www.pnp.de/nachrichten/bayern/2124829_Millionenschaeden-nach-erneutem-Unwetter-in-Niederbayern.html

Waldkirchen | 27.06.2016 | 13:56 Uhr

Millionenschäden nach Unwetter in Niederbayern

Die Unwetter vom Wochenende haben in der niederbayerischen Region Waldkirchen Schäden in dreistelliger Millionenhöhe verursacht. Allein in der Stadt Waldkirchen seien rund 300 Wohnhäuser und Betriebe von den nächtlichen Fluten heimgesucht worden, berichtete am Montag die Sprecherin des Landkreises Freyung-Grafenau, Judith Wunder. Fünf Ortschaften in der Region waren betroffen, insgesamt rund 500 Gebäude. Drei Menschen wurden verletzt.

"Es wird Wochen und Monate dauern, bis die Schäden behoben sind", sagte Wunder. Der Landkreis hatte wegen der schweren Unwetterfolgen in der Nacht zum Sonntag den Katastrophenfall ausgerufen. Unwetterschäden registrierten die Behörden auch in Obernzell (Landkreis Passau) und Teisnach (Landkreis Regen), wo ein Erdbeben einen Carport und zwei darin abgestellte Autos zerstörte.

Bayerns Landwirtschaftsminister Helmut Brunner (CSU) machte sich am Montag ein Bild von der Lage in Waldkirchen. Er kündigte an, in der Kabinettsitzung an diesem Dienstag über ein Hilfsprogramm zu sprechen: "Wir müssen entscheiden, in welchem Umfang wir den betroffenen Bürgern, Geschäftsleuten und Kommunen helfen können." Vor allem die Stadt Waldkirchen brauche angesichts zerstörter Straßen und Brücken zusätzliche staatliche Unterstützung.

Der Deutsche Wetterdienst hatte in der Region Waldkirchen zwischen Samstag- und Sonntagfrüh 89 Liter Regen pro Quadratmeter gemessen. "Der größte Teil fiel in der Zeit von 20.00 bis 21.00 Uhr", sagte der Meteorologe Martin Schwiembacher. "In der Region Waldkirchen war außergewöhnlich feuchte und heiße Luft auf eine Kaltluftzone getroffen." Die Folge: Gewitter und sinflurartige Regenfälle.

Die Feuerwehr in Waldkirchen war am Montag immer noch im Dauereinsatz. "Einige Bewohner waren am Wochenende verreist und haben erst am Montagfrüh ihre vollgelaufenen Keller bemerkt", berichtete die Kreissprecherin. Mehrere Straßen wurden unterspült. "Überall hängen lose Elektrokabel heraus." Auch der am Hang gelegene Stadtpark von Waldkirchen wurde von den herabstürzenden Wassermassen verwüstet.

Zugesetzt hat das Unwetter auch der Land- und Forstwirtschaft. So seien allein in der Ortschaft Grainet zwei Hektar Wald von dem Unwetter zerstört worden, berichtete Wunder. Erdrutsche und querliegende Bäume blockierten auch mehrere Straßen in der Region. Auf vielen Feldern sei mit dem Mutterboden zugleich die Ernte weggeschwemmt worden. Selbst ältere Bewohner in der Region könnten sich nicht an ein Unwetter wie das vom Samstagabend erinnern, hatte bereits am Sonntag Landrat Sebastian Gruber (CSU) beim Besuch in Waldkirchen betont.

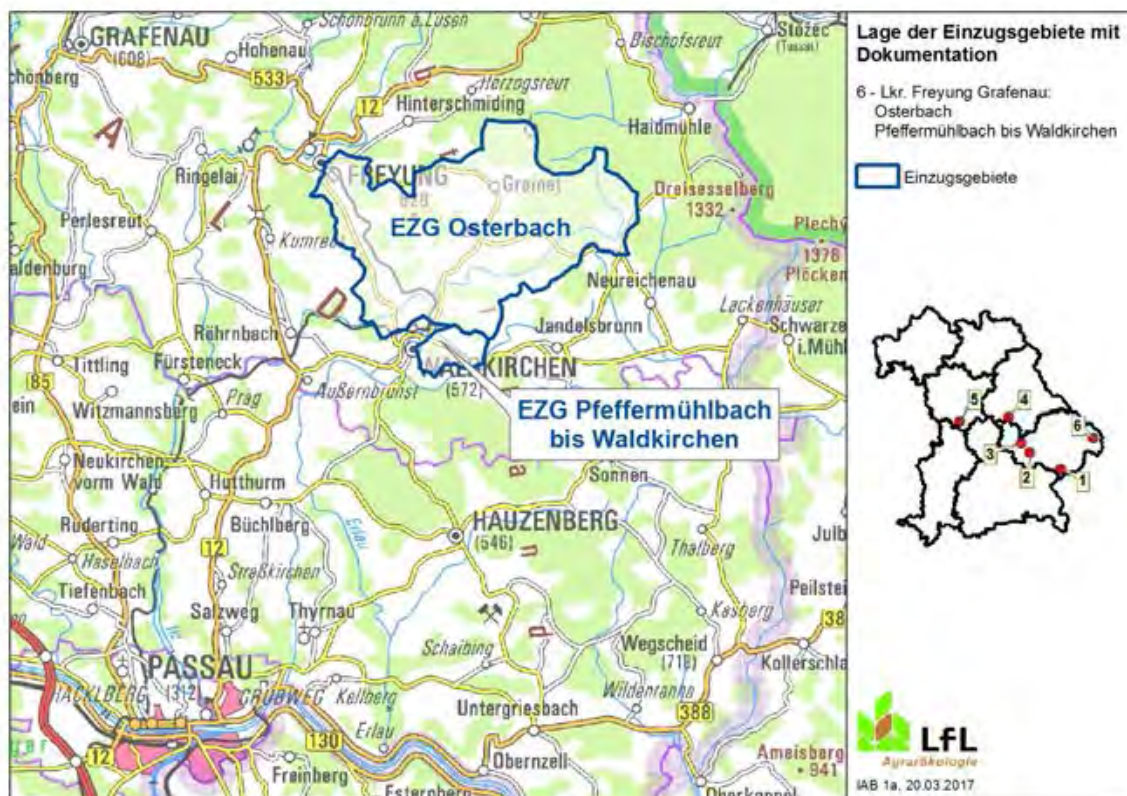


Abb. 128: Lage des Einzugsgebiets des Osterbachs mit dem Teileinzugsgebiet des Pfeffermühlbachs bis Waldkirchen

Heftige Gewitterregen mit Sturmböen trafen am 25.06.2016 das Gebiet zwischen Waldkirchen und Freyung (Landkreis Freyung-Grafenau) und weiter nördlich zwischen Teisnach und Viechtach (Landkreis Regen). Die maximalen Stundenniederschläge überschritten vielerorts die 60 mm-Grenze (Abb. 130), die Jährlichkeit liegt dann bei über 100 Jahren

(Abb. 131). Selbst die über das Einzugsgebiet des Osterbachs gemittelten maximalen Stundenwerte liegen bei 50 mm (Abb. 132 und Abb. 133). Abgesehen vom Regenereignis am 01.06.2016 im südlichen Landkreis Rottal-Inn trat bei diesem Ereignis die höchste Regenintensität der hier dokumentierten Gebiete auf.

Die Landnutzung ist hier von Grünland und Wald geprägt (Tab. 7). In dem kleinen Einzugsgebiet des Pfeffermühlbachs bei Waldkirchen ist der Anteil der Ackerfläche an der Einzugsgebietsfläche etwas höher (11 %) als im großen Osterbach-Einzugsgebiet (7 %). Der Maisanteil an der Einzugsgebietsfläche liegt bei 5 % (Pfeffermühlbach) bzw. 4 % (Osterbach). Die Veränderungen bei Landnutzung und Kulturartenanteil gegenüber 2005 sind hier gering. Die Grünlandfläche ist nur geringfügig zurückgegangen.

Die Beobachtungen zeigten, dass die wenigen Maisflächen mehr oder weniger stark von Bodenerosion betroffen waren. Manche Maisfelder hielten den Starkregen weitgehend stand. Die Urgesteins-Verwitterungsböden verschlammten weniger stark als von Löss geprägte Böden. Der relativ lange Zeitraum nach der Maisbestellung ließ den Böden auch Zeit, sich abzusetzen. Off-Site-Schäden verursachten Sturzfluten und Überflutungen, nicht die Schlammfrachten aus Maisfeldern.

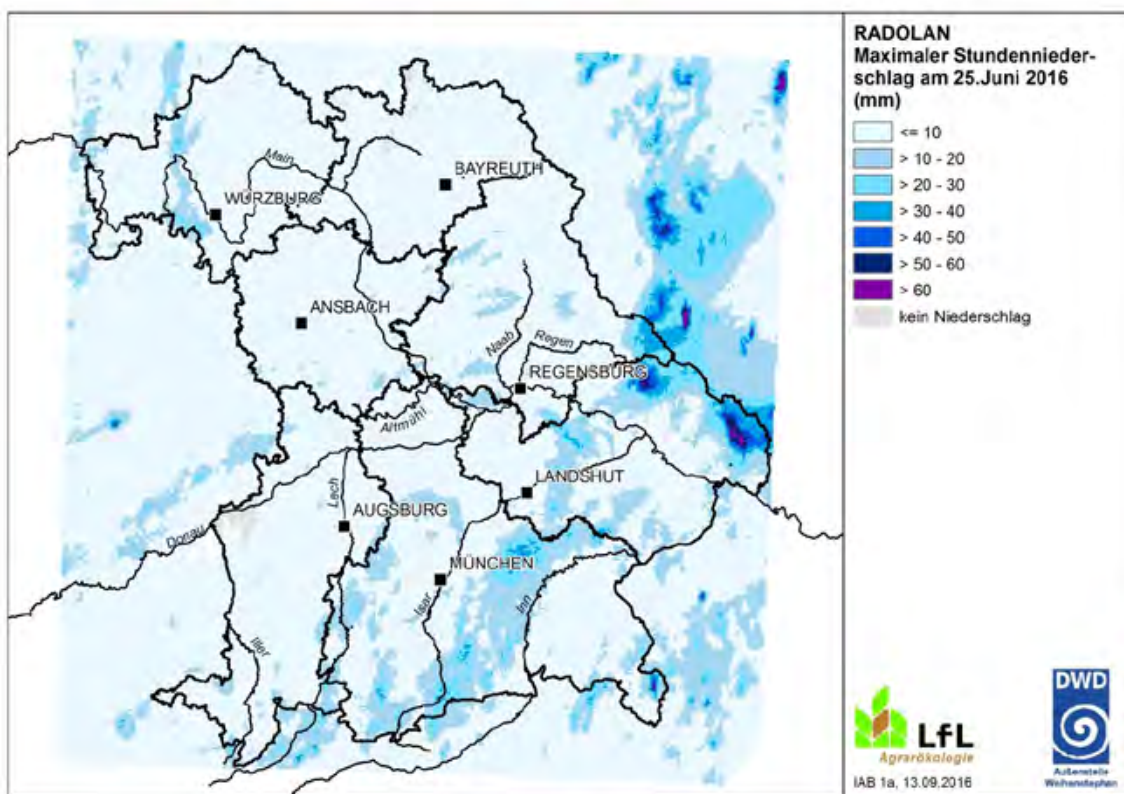


Abb. 129: Maximale Stundenniederschläge in Bayern am 25.06.2016

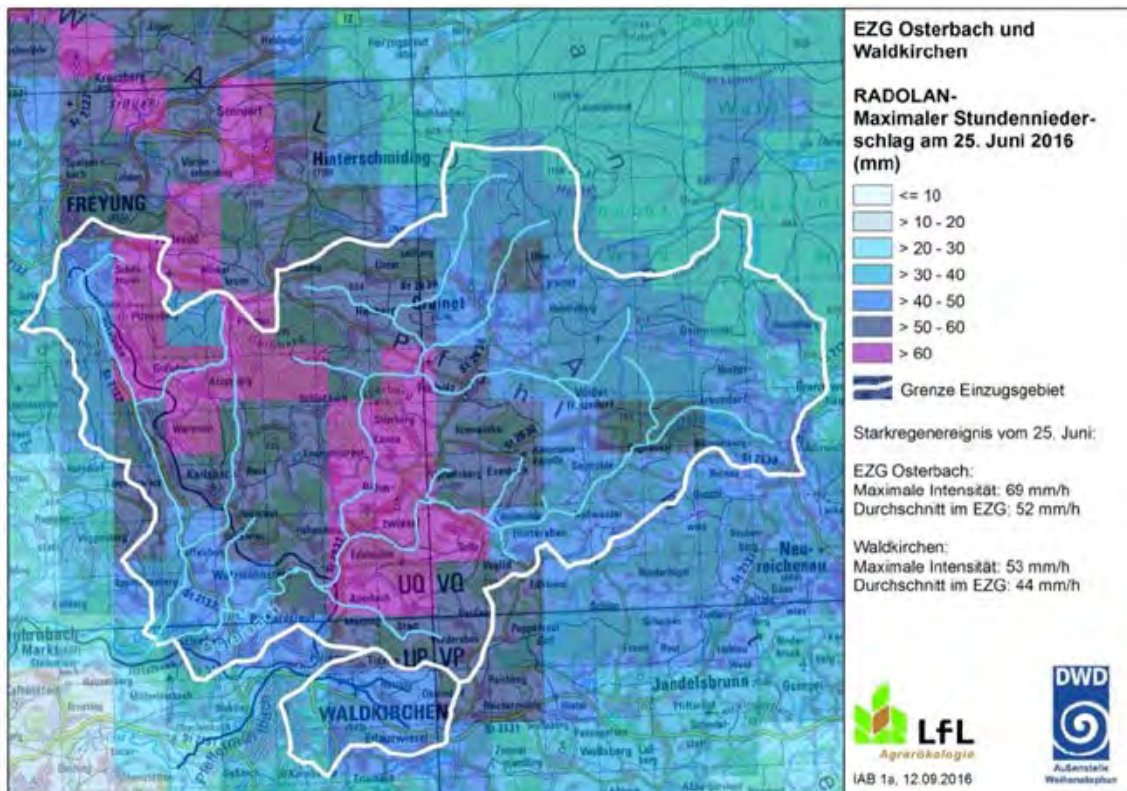


Abb. 130: Maximaler Stundenniederschlag am 25.06.2016 in den Einzugsgebiet Osterbach und Pfeffermühlbach bis Waldkirchen

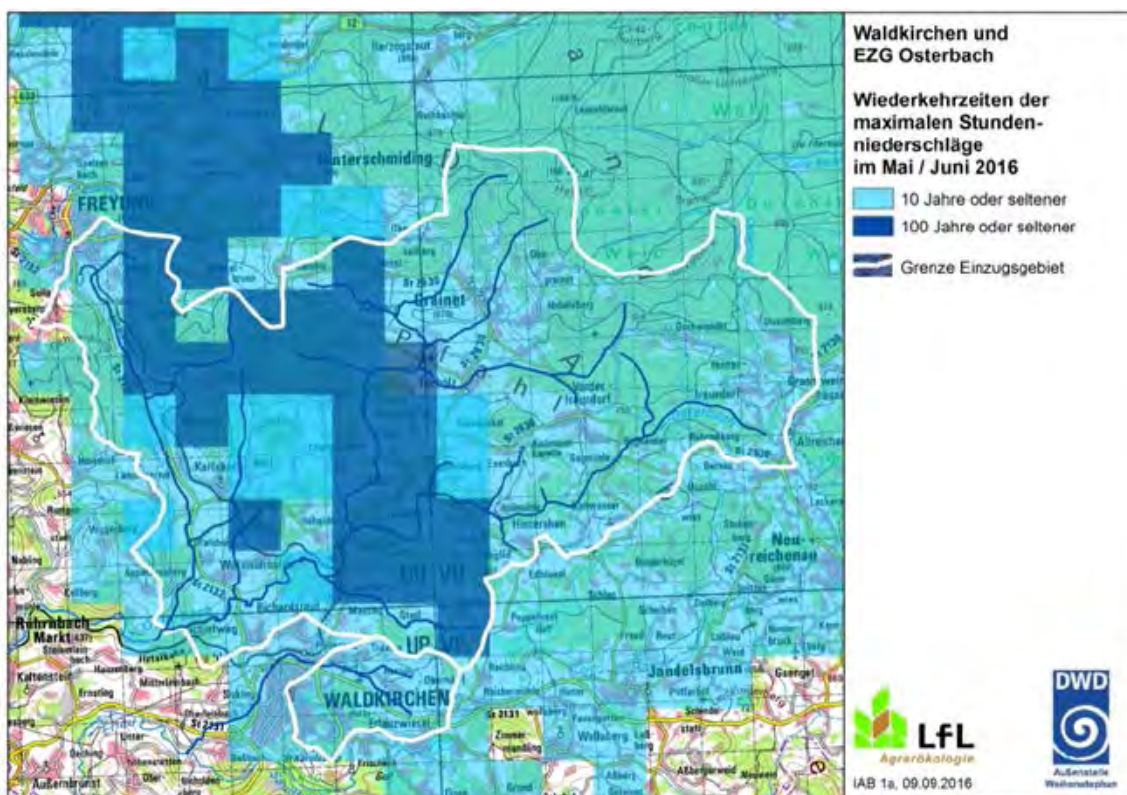


Abb. 131: Jährlichkeit der maximalen Stundenniederschläge vom Mai und Juni 2016, prägend ist das Ereignis vom 25.06.2016

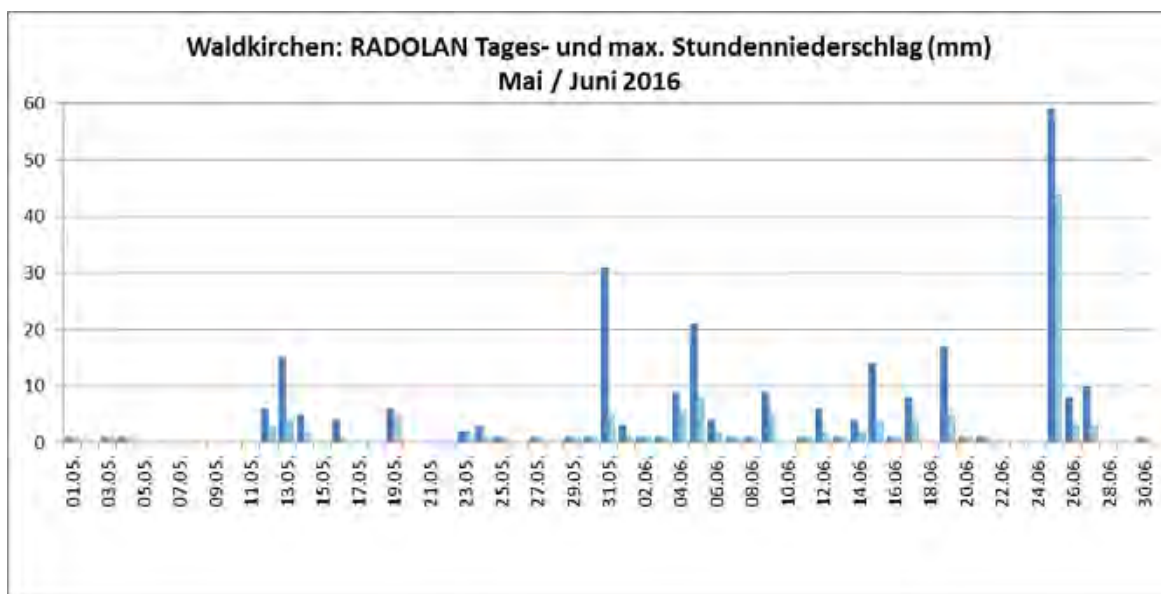


Abb. 132: Über das Einzugsgebiet des Pfeffermühlbachs bis Waldkirchen gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

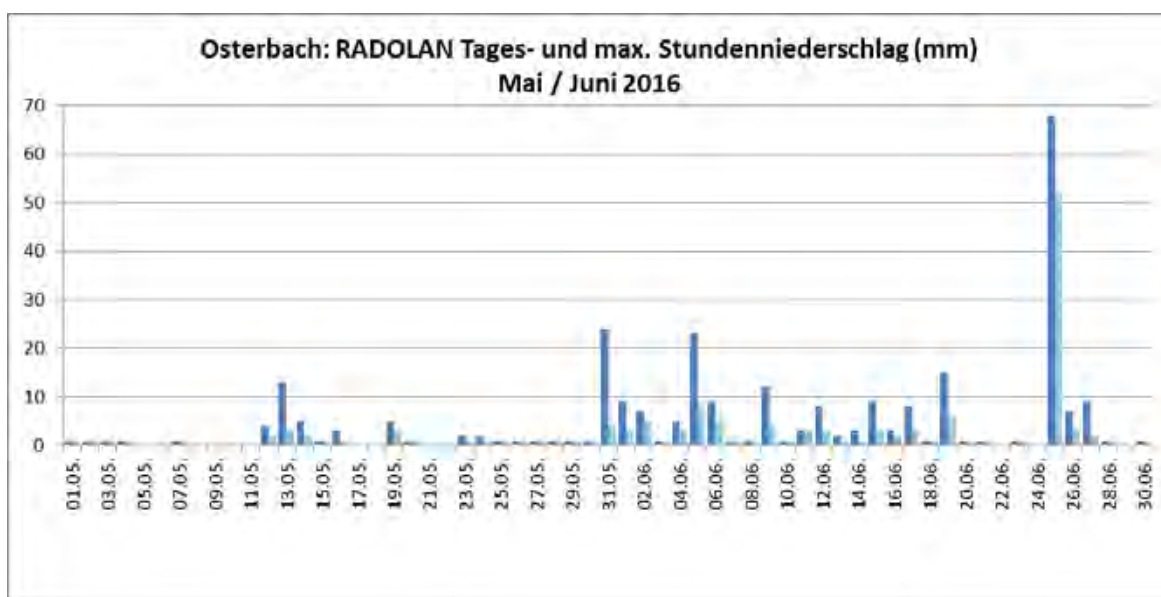


Abb. 133: Über das Einzugsgebiet des Osterbachs gemittelte RADOLAN-Tages- und maximale Stundenniederschläge an den Tagen von Mai und Juni 2016

Tab. 7: Landnutzung in den Einzugsgebieten von Pfeffermühlbach bis Waldkirchen und Osterbach 2005 und 2011 (INVEKOS)

| | Waldkirchen | | Waldkirchen | | Osterbach | | Osterbach | |
|--------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| | 2005 | | 2016 | | 2005 | | 2016 | |
| Landnutzung | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % | Fläche (ha) | Flächenanteil am EZG, % |
| Einzugsgebiet | 500 | 100 | 500 | 100 | 8.591 | 100 | 8.591 | 100 |
| Wald | 91 | 18 | 91 | 18 | 4.053 | 47 | 4.053 | 47 |
| LF | 247 | 49 | 240 | 48 | 3.418 | 40 | 3.382 | 39 |
| Dauergrünland | 195 | 39 | 183 | 37 | 2.860 | 33 | 2.757 | 32 |
| Acker und Sonderkulturen | 53 | 11 | 57 | 11 | 558 | 6 | 626 | 7 |
| Ackerfutter | 16 | 3 | 8 | 2 | 167 | 2 | 117 | 1 |
| Mähdruschfrüchte | 12 | 2 | 26 | 5 | 175 | 2 | 186 | 2 |
| Mais | 25 | 5 | 23 | 5 | 213 | 2 | 317 | 4 |
| Sonstige Reihenkulturen | - | - | - | - | 3 | < 1 | 5 | < 1 |

Wald-Layer aus ATKIS-Basis-DLM (BVV: Amtliches Digitales Basis-Landschaftsmodell) von 2013, deshalb keine Differenzierung zwischen 2005 und 2016



Abb. 134: Bodenabschwemmung aus verhageltem Maisfeld bei Erlauzwiesel, kaum Mulch, Foto 28.06.2016



Abb. 135: Anlandung von Boden aus dem oben liegenden Maisfeld, siehe Abb. 134, Foto 28.06.2016



Abb. 136: Anlandung von ausgeschwemmtem Boden aus Maisfeld mit Hagelschaden an der Straße zwischen Waldkirchen und Jandelsbrunn, 28.06.2016



*Abb. 137: Maisfeld (unweit von Abb. 136) ohne Bodenabschwemmung, mehr Mulchauf-
lage, vermutlich bessere Bodenstruktur, Foto 28.06.2016*



*Abb. 138: Spuren von Wasserabfluss aus Grünland (umgelegte Grashalme in der Mitte).
Das Grünland liegt zwischen den Maisfeldern von Abb. 136 und 137, Foto
28.06.2016*



Abb. 139: Ausgespülter Fahrweg entlang der Staatsstraße von Waldkirchen nach Jandelsbrunn, Höhe Erlauzwiesel (Foto 28.06.2016)



Abb. 140: Blick in das Tal zwischen Grainet und Rehberg. Hoher Grünlandanteil, kaum Spuren von Bodenabschwemmungen; gebündelter Oberflächenabfluss durch das Grünland (Foto 28.06.2016)

6.6 Vergleich der Einzugsgebiete

Folgend werden Faktoren, die Bodenabschwemmungen und Oberflächenabfluss beeinflussen, für die größeren der analysierten Einzugsgebiete verglichen (Tab. 8).

Das Osterbach-Einzugsgebiet ist mit 47 % Wald-, 32 % Dauergrünland- und nur 4 % Maisanteil an der Einzugsgebietsfläche am wenigsten durch Bodenabschwemmungen gefährdet. Die Reliefenergie (hohe Hangneigungen) ist dagegen hoch, was bei Starkregen zu Sturzfluten und Überflutungen führen kann. Alle anderen Einzugsgebiete sind Ackerbaugebiete. Die Einzugsgebiete des Simbachs und Grasenseer Bachs haben unter diesen den höchsten Grünlandanteil, im Simbach-Einzugsgebiet ist der Maisanteil am niedrigsten (13 %). Das von der Landnutzung ausgehende Risiko für Bodenabschwemmungen ist also im Simbach-Einzugsgebiet als moderat einzustufen. Die Hangneigungen sind in allen drei Nutzungstypen (Wald, Grünland, Acker) aber vergleichbar hoch wie im Osterbach-Einzugsgebiet, mit den damit verbundenen Risiken für Sturzfluten und Überschwemmungen. In den anderen Ackerbaugebieten liegt der Anteil an Maisanbaufläche recht einheitlich um 20 %, Ausnahme ist das Aichbach-Einzugsgebiet mit nur 13 %. In den Einzugsgebieten im Landkreis Landshut ist der Grünlandanteil mit 2 bis 7 % sehr niedrig.

Tab. 8: Vergleich von Einflussfaktoren für Bodenabschwemmungen und Oberflächenabfluss sowie der Niederschlagsintensitäten bei den Schadensereignissen in den größeren Einzugsgebieten

| | Simbach | Altbach | Grasenseer Bach | Tannerbach | Aichbach | Wolfsbach | Kleine Laber | Goldbach | Osterbach |
|--|---------|---------|--------------------|------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| Fläche EZG (ha) | 3.335 | 8.604 | 5.095 | 3.716 | 3.217 | 1.335 | 11.266 | 5.375 | 8.591 |
| Anteil am EZG (%) Wald | 30 | 28 | 26 | 20 | 32 | 24 | 25 | 22 | 47 |
| Anteil am EZG (%) Grünland | 20 | 18 | 22 | 17 | 7 | 7 | 3 | 2 | 32 |
| Anteil am EZG (%) Acker | 29 | 43 | 42 | 47 | 48 | 56 | 60 | 58 | 7 |
| Anteil am EZG (%) Mais | 13 | 19 | 20 | 21 | 13 | 21 | 20 | 21 | 4 |
| Hangneigung (%) Wald | 24 | 12 | 10 | 20 | 17 | 19 | 13 | 12 | 22 |
| Hangneigung (%) Grünland | 14 | 9 | 9 | 12 | 12 | 12 | 7 | 9 | 15 |
| Hangneigung (%) Acker | 10 | 7 | 8 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 12 |
| Datum Ereignis | 1. Juni | 1. Juni | 1. Juni | 1. Juni | 29. Mai | 29. Mai | 29. Mai | 29. Mai | 25. Juni |
| mittleres Stunden- maximum (mm/h) | 24 | 15 | 16 | 20 | 37 | 41 | 33 | 24 | 52 |
| höchstes Stunden- maximum (mm/h) | 29 | 23 | 38 | 39 | 63 | 63 | 60 | 51 | 69 |
| mittlerer Tages- niederschlag (mm/Tag) | 133 | 68 | 64 | 107 | 44 | 54 | 50 | 39 | 68 |
| höchster Tages- niederschlag (mm/Tag) | 147 | 127 | 127 | 148 | 74 | 74 | 76 | 58 | 88 |

Die größten Regenmengen pro Tag fielen auf das Simbach-Einzugsgebiet, gefolgt vom Tannerbach-Einzugsgebiet. Die höchsten Stundenniederschläge (Maximum und Einzugsgebietsmittel) musste das Osterbach-Einzugsgebiet verkraften. Dann folgen die Einzugsgebiete im Landkreis Landshut (Maxima bei 60 mm, Mittelwerte bei 20 bis 40 mm), zuletzt die Einzugsgebiete im südlichen Landkreis Rottal-Inn.

7 Abflusswege und Hochwasserbildung im Simbach-Einzugsgebiet

Autor: Prof. Dr. Karl Auerswald, TU München

Im Simbach-Einzugsgebiet traten sehr hohe Tagesniederschläge auf (bis deutlich über 160 mm/d), wobei in den Nachbargebieten die Tagesniederschläge wesentlich niedriger waren (ab 20 mm/d). Während sich Bodenerosion durch Bedeckung sehr gut verhindern lässt und die Wirkung nahezu unabhängig von der Regenmenge ist, gilt beides nicht für den Oberflächenabfluss. Der Oberflächenabfluss wird relativ gering durch Bedeckung vermindert und die abflussmindernde Wirkung geht mit zunehmendem Tagesniederschlag stark zurück. Dies wurde exemplarisch für verschiedene Bodennutzungen und Tagesniederschläge zwischen 20 mm/d und 160 mm/d berechnet (Tab. 9). Die Berechnungen basieren dabei auf den US National Engineering Handbook, Part 630, Hydrology (NRCS 2012).

Tab. 9: *Abfluss von Blanksaat-Mais in Abhängigkeit vom Tagesniederschlag und relativ dazu der Abfluss verschiedener anderer Bodennutzungen berechnet mit dem SCS-Curve-number-Modell*

| Tagesniederschlag (mm/d) | Abfluss Mais Blanksaat (mm/d) | Relativer Abfluss (%) | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-------------------|------|----------|
| | | Mais Blanksaat | Mais Mulch-direktsaat | Getreide | Grünland (Weiden) | Wald | Siedlung |
| 20 | 2 | 100 | 56 | 69 | 2 | 0 | 222 |
| 40 | 13 | 100 | 77 | 85 | 35 | 21 | 149 |
| 80 | 44 | 100 | 87 | 91 | 59 | 47 | 124 |
| 160 | 116 | 100 | 93 | 95 | 75 | 66 | 112 |

Für Blanksaat-Mais steigt der Abfluss von 2 mm/d bei 20 mm/d Tagesniederschlag weit überproportional auf 116 mm/d bei 160 mm/d Tagesniederschlag an. Setzt man den Abfluss bei Blanksaat-Mais gleich 100 %, um den Vergleich zu erleichtern, und vergleicht ihn mit dem Abfluss bei anderen Landnutzungen, so zeigt sich Folgendes: Bei dem geringen Tagesniederschlag von 20 mm/d lässt sich durch Mulchdirektsaat (über 30 % Bodenbedeckung) der Abfluss noch deutlich auf 56 % vermindern. Allerdings wird Mulchdirektsaat praktisch nicht eingesetzt (nur etwa auf 5 % der in KULAP als Mulchsaat geförderten Flächen; Fischer 2014). Mit zunehmendem Tagesniederschlag lässt die Wirkung der Mulchdirektsaat sehr stark nach. Bei 160 mm/d Tagesniederschlag produziert Mulchdirektsaat-Mais nahezu genauso viel Abfluss (93 %) wie Blanksaat-Mais. Auch bei Getreide beträgt der Abfluss 95 %, und selbst bei Grünland (Weiden) (75 %) und sogar bei Wald (66 %) treten dann erhebliche Mengen an Oberflächenabfluss auf. Daraus folgt, dass bei so starken Regen, wie sie im Simbachgebiet aufgetreten sind, die Abflussmenge sich nicht wesentlich durch Maßnahmen der Flächenbewirtschaftung vermindern lässt. Siedlungsflä-

chen liefern in allen Fällen am meisten. Ihr Einfluss ist besonders bei kleinen Niederschlagssummen ausgeprägt.

Dementsprechend entspricht der Anteil der einzelnen Landnutzungen am Simbach-Einzugsgebiet auch annähernd ihrem Anteil am Gesamtabfluss des 01.06.2016 (Tab. 10). Nur der Wald hat einen etwas geringeren Anteil am Abfluss und die Siedlungsflächen haben einen höheren Anteil. Auch wenn die Unterschiede gering sind, so ist doch bemerkenswert, dass die Reihenkulturen wie Mais an dem Tag am wenigsten zum Gesamtabfluss beigetragen haben dürften.

Tab. 10: Anteil der Landnutzungstypen an der Einzugsgebietsfläche und am Gesamtabfluss des Regens vom 01.06.2016 (Mittelwerte von 44 RADOLAN-Rasterzellen mit der jeweiligen Nutzungsverteilung)

| | Wald | Grünland | Siedlung | Mähdruschfrüchte | Reihenkulturen |
|-------------------|------|----------|----------|------------------|----------------|
| Flächenanteil (%) | 32 | 26 | 14 | 15 | 13 |
| Abflussanteil (%) | 27 | 24 | 17 | 17 | 15 |

Die verschiedenen Regenmengen in Tab. 9 können auch als unterschiedliche Zeitpunkte innerhalb eines Regens angesehen werden. Am Anfang eines Regens ist die Differenzierung zwischen verschiedenen Landnutzungen noch groß und lässt dann im Laufe des Regens stark nach. Dies zeigt sich, wenn man den Abfluss im Verlauf des 31.05. und 01.06.2016 berechnet (Abb. 141). Die erste Regenspitze am 31.05.2016 wird noch von allen Landnutzungen vollständig verdaut, nur Siedlungsflächen liefern. Im weiteren Verlauf des 31.05. liefern dann auch die Ackerflächen. Beim nächsten heftigen Regenschauer in den Morgenstunden des 01.06.2016 liefern bereits Grünland und Wald zusätzlich zu den Siedlungs- und Ackerflächen. Wald und Grünland liefern aber nur etwa halb so viel wie die Ackerflächen. Die Differenzierung zwischen den Landnutzungen ist also noch deutlich. Als gegen Mittag des 01.06.2016 die höchsten Regenintensitäten auftreten, ist die Retentionskapazität weitgehend erschöpft und alle Flächen liefern annähernd gleich viel. Dadurch ist die Abflussrate nur wenig niedriger als die Regenintensität. Durch die Kombination von vollflächigem, nahezu nutzungsunabhängigem Abfluss und hohen Regenintensitäten, beträgt der Spitzenabfluss etwa das 30-Fache der Abflussspitze am 31.05.2016.

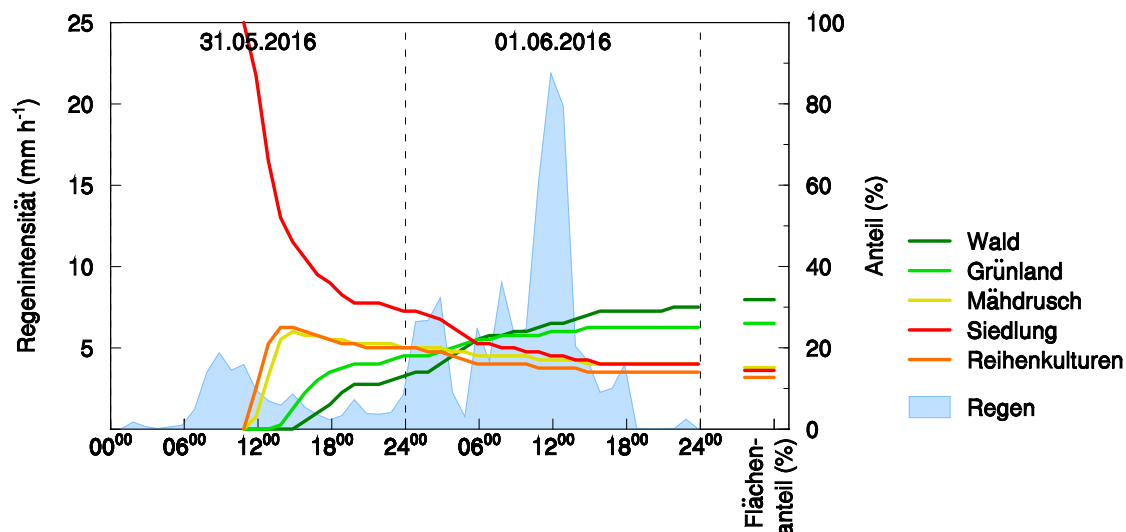


Abb. 141: Verlauf der Regenintensität im Simbach-Einzugsgebiet und berechneter Oberflächenabflussanteil für fünf verschiedene Landnutzungen (Mais, Direktsaat und Getreide lassen sich fast nicht unterscheiden).

Wäre die höchste Regenintensität bereits am 31.05.2016 aufgetreten, wäre der Abflussgang wesentlich milder ausgefallen, auch wenn die Gesamtabflussmengen sich im Modell nicht geändert hätten. Dann wäre nämlich die höchste Regenintensität in eine Zeit gefallen, in der alle Flächen noch Retentionskapazität gehabt hätten und in der deswegen nicht alle Flächennutzungen gleich viel geliefert hätten, so dass im Mittel des Einzugsgebietes die Abflussrate wesentlich niedriger ausgefallen wäre. Am folgenden Tag, bei dann geringen Regenintensitäten, hätten dann zwar auch alle Flächen geliefert, wegen der geringeren Regenintensitäten wäre die Rate des Gebietsabflusses aber geringer ausgefallen. Verwendet man den inversen Verlauf der Regenintensität, um einen anfangsbetonten Regen bei sonst gleichen Bedingungen zu simulieren, fällt der Spitzenabfluss von Waldflächen um 50 % niedriger aus, der des Grünlandes um 40 % und der der Ackerflächen um 20 %. Im Mittel des Einzugsgebietes wäre bei inversem Verlauf der Regenintensität die Spitzenabflussrate um 30 % geringer gewesen.

Aus der geringen Differenzierung des Abflusses bei verschiedenen Landnutzungen folgt allerdings keineswegs, dass die Landnutzung keinen Einfluss auf die Hochwasserwelle hätte. Sie hat sogar einen sehr großen, aber nicht über das Infiltrationsverhalten sondern über die Fließgeschwindigkeit. Die Höhe einer Hochwasserwelle ist direkt proportional zur Menge an Oberflächenabfluss und der Fließgeschwindigkeit. Die Fließgeschwindigkeit wiederum ist stark von den Fließwegeigenschaften und damit von menschlichen Eingriffen abhängig. Der Fließweg von der Wasserscheide bis zu einem Pegel (z.B. in Simbach) lässt sich grundsätzlich in vier Abschnitte einteilen: (1) das flächenhafte Fließen auf dem Feld, das nur über etwa 50 m erfolgt. (2) Das konzentrierte Abfließen in Hangmulden innerhalb eines Feldes. (3) Schließlich das Fließen in Sammelgerinnen wie (Straßen-) Gräben und Rohren. Der letzte Fließabschnitt (4) ist dann das Fließgewässer bis zum Pegel. Im Folgenden werden nur die Abschnitte (1) bis (3) betrachtet, da sie in der landwirtschaftlichen Flur liegen und durch die Landnutzung und die Landnutzungsstruktur beeinflusst werden.

Der flächenhafte Abfluss (1) ist sehr langsam mit Fließgeschwindigkeiten um 0,08 m/s mit geringen Unterschieden zwischen den Landnutzungen (Tab. 11). Nach etwa 10 min erreicht der Abfluss dann die Hangmulde (2), wo er konzentriert wird, in größerer Schichtdicke fließt und damit deutlich schneller wird, auch wenn das Gefälle in den Mulden meist etwas geringer ist als auf den einfallenden Hängen. Die Fließgeschwindigkeit in den Hangmulden beträgt etwa 0,2 m/s, die wiederum nur vergleichsweise gering durch die Landnutzung beeinflusst wird. Nimmt man eine Hanglänge von 500 m an, wird das Feldende bereits nach etwa 6 min erreicht. Die Gesamtfließzeit (1)+(2) innerhalb eines Feldes beträgt etwa 15 min und ist weitgehend unabhängig von der Landnutzung. Nur bei Wald dauert es etwa doppelt so lange. Da der Hochwasserscheitel direkt proportional dem Quotienten aus Abflussmenge und Fließzeit ist, lässt sich der Hochwasserscheitel relativ zum Blanksaat-Mais angeben. Er variiert relativ gering mit der landwirtschaftlichen Nutzung. Nur bei Wald ist er deutlich niedriger (30 %) durch die Kombination aus vermindertem Abfluss und längerer Fließzeit.

Tab. 11: Abflussgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses innerhalb einer Nutzungseinheit bei verschiedenen Bodennutzungen im Bereich des flächenhaften Abflusses und nach Zusammenfluss in Hangmulden, in denen sich der Abfluss konzentriert. Berechnung mit Hilfe der Gauckler-Manning-Strickler-Gleichung. Die Modellannahmen hydraulischer Radius R , Hangneigung und Rauigkeitsbeiwert k_{GMS} sind angegeben.

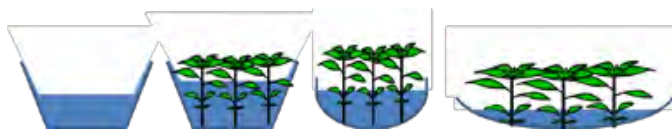
| | | Mais Blank- saat | Mais Mulch- direktsaat | Getreide | Grünland (Weiden) | Wald |
|---|--|------------------------|------------------------------|----------|----------------------|-------|
| Flächenabfluss | R (m) | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,006 |
| | Neigung (%) | 10 | 10 | 10 | 15 | 30 |
| | k_{GMS} | 10 | 9 | 8 | 7 | 2 |
| | v (m/s) | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,04 |
| | $T_{50\text{m}}$ (min) | 10 | 10 | 11 | 9 | 23 |
| Hangmuldenfluss | R (m) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Neigung (%) | 8 | 8 | 8 | 10 | 20 |
| | k_{GMS} | 17 | 15 | 14 | 14 | 5 |
| | v (m/s) | 1,67 | 1,49 | 1,38 | 1,48 | 0,76 |
| | $T_{500\text{m}}$ (min) | 5 | 6 | 6 | 6 | 11 |
| Summe Feld | $T_{50\text{m}} + T_{500\text{m}}$ (min) | 15 | 16 | 17 | 15 | 34 |
| Relativer Abflus- scheitel (A_o/T) | (%) | 100 | 92 | 85 | 78 | 30 |

Abkürzungen: R (hydraulischer Radius), k_{GMS} (Gauckler-Manning-Strickler-Beiwert), v (Fließgeschwindigkeit), T (Fließdauer für die im Index angegebene Strecke), A_o (Oberflächenabfluss)

Am Feldende wird der Abfluss häufig in Röhren und Gräben gefasst und mit dem Abfluss von anderen Flächen zusammengeführt. Dadurch steigt die Schichtdicke (genauer: der hydraulische Radius) stark an, was zu einer Beschleunigung des Abflusses führt. In Tab. 12 sind die Fließgeschwindigkeiten verschiedener Grabenformen berechnet, wobei immer die gleiche Abflussmenge unterstellt wurde. Alle genannten Gerinne transportieren also die gleiche Menge an Abfluss pro Zeiteinheit ab, unterscheiden sich aber in der Fließgeschwindigkeit und damit in ihrer hochwasserverschärfenden Wirkung deutlich. Da die Gräben oft mehrere Kilometer Fließweg umfassen, können sie bei einem kleinen Einzugsgebiet wie dem des Simbachs zeitlich den größten Anteil des Fließweges einnehmen. Daher sind sie auch entscheidend für die Höhe der Hochwasserwelle. In einem trapezförmigen, geräumten Graben liegt die Fließgeschwindigkeit fast doppelt so hoch wie selbst ent-

lang der Hangmulde. Ein begrünter Graben vermindert die Fließgeschwindigkeit schon deutlich. Noch deutlicher ist die Minderung der Fließgeschwindigkeit, wenn zusätzlich statt des trapezförmigen Querschnitts ein parabelförmiger Querschnitt gewählt wird. Bei praktisch identischer Öffnungsweite wie beim trapezförmigen Querschnitt, vermindert sich die Fließgeschwindigkeit auf unter die Hälfte der des geräumten Grabens. Macht man die Parabel weiter, so dass die Öffnungsweite 10 m statt 4 m beträgt, sinkt die Abflussgeschwindigkeit auf etwa ein Viertel. Ähnlich würde sich die Hochwasserwelle vermindern.

Tab. 12: Abflussgeschwindigkeit in Gerinnen der landwirtschaftlichen Flur, berechnet mit Hilfe der Gauckler-Manning-Strickler-Gleichung jeweils für eine Sohlneigung von 1 % und gleiche Abflussmenge pro Zeiteinheit ($32 \text{ m}^3/\text{min}$).



| | geräumter Graben | begrünter Graben | begrünte Mulde | begrünte Mulde |
|--------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Form | Trapez | Trapez | Parabolisch | Parabolisch |
| Sohlbreite (m) | 0,6 | 0,6 | | |
| Wasserspiegelbreite (m) | 1,54 | 2,1 | 2 | 10 |
| Fließtiefe (m) | 0,47 | 0,75 | 0,38 | 0,14 |
| R (m) | 0,26 | 0,37 | 0,23 | 0,09 |
| k_{GMS} | 59 | 29 | 29 | 29 |
| v (m/s) | 2,4 | 1,5 | 1,1 | 0,6 |
| $T_{5 \text{ km}}$ (min) | 35 | 56 | 78 | 144 |
| Relativ (%) | 100 | 62 | 44 | 24 |

Abkürzungen: siehe Tabelle 11

Die Einflussmöglichkeiten, den Hochwasserscheitel zu vermindern sind also groß. Eine weitere Minderung der Abflussspitze ließe sich erreichen, wenn am Übergang von Fließweg (2) zu Fließweg (3) kleine Becken mit kontrolliertem Aus- und Überlauf geschaffen würden, die in das landwirtschaftliche Feld zurückstauen (wenige 100 m^2), aber innerhalb weniger Tage wieder vollständig trocken fallen, so dass keine wesentliche Schädigung der landwirtschaftlichen Flur zu befürchten ist. Das Volumen solcher Becken liegt typischerweise im Bereich von $30 - 300 \text{ m}^3/\text{ha}$. Ein Beispiel für die Wirkung eines solchen Beckens auf den Spitzenabfluss ist in Abb. 142 dargestellt. In dem konkreten Fall ließ sich die Abflussspitze um fast zwei Drittel vermindern. Diese Becken sind preiswert mit den in der Landwirtschaft vorhandenen Mitteln anzulegen, wobei die Dimensionierung von Aus- und Überlauf aber ingenieurtechnisch geplant werden muss. In Bayern existieren langjährige experimentelle Erfahrungen mit solchen Becken, die auch zeigen, dass die Becken bei geringem Wartungsaufwand weit über 25 Jahre funktionsfähig bleiben. Nur bei hohen Bodenabträgen ist gelegentliches Ausbaggern des abgesetzten Erosionsmaterials notwendig.

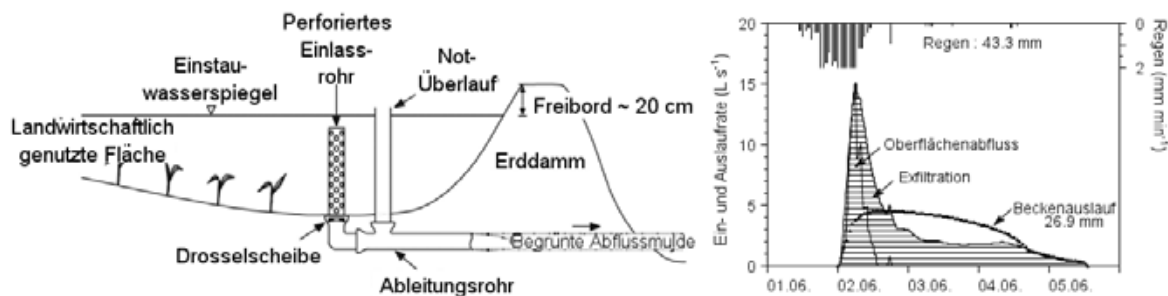


Abb. 142: Querschnitt durch ein Erdbecken und Einfluss eines kleinen Beckens ($136 \text{ m}^3/\text{ha}$) auf den Spitzenabfluss (aus Fiener et al. 2005, verändert). In dem konkreten Fall lieferte neben dem kurz dauernden Oberflächenabfluss auch noch die mehrere Tage dauernde Exfiltration von Zwischenabfluss.

Nimmt man die Fließzeiten $T_{50 \text{ m}}$, $T_{500 \text{ m}}$ und $T_{5 \text{ km}}$ der Fließabschnitte (1), (2) und (3) zusammen, ergibt sich eine Gesamtfließzeit von etwa 50 min, nach der erwartet werden kann, dass die gesamte Fläche gleichzeitig liefert und damit nach einem Regenimpuls der Hochwasserscheitel erreicht wird. Bestimmt man die Scheitelanstiegszeit aus den drei ersten Hochwasserwellen, die in Simbach gemessen wurden, indem man dazu die Einheitsganglinie (unit hydrograph) anpasst, so kommt man übereinstimmend zu einer Scheitelanstiegszeit von 42 min (Abb. 143), was den Berechnungen trotz ihrer pauschalen Annahmen ziemlich nahe kommt. Dies zeigt, dass die Fließwege des Simbach-Gebietes so gestaltet sind, dass die Gesamtfließzeit extrem kurz und damit der Hochwasserscheitel sehr hoch wird. In den kurzen Fließzeiten ist daher eine wesentliche Ursache der Höhe des Hochwassers in Simbach zu sehen.

Es gilt daher, die Kurzschlüsse und Abflussbeschleunigungen, die in den vergangenen Jahrzehnten in der landwirtschaftlichen Flur umgesetzt worden sind und deren Wirkungen sich akkumuliert haben, wieder zu beseitigen. Kanalisierte Fließwege wie Gräben sollten aufgeweitet werden und als möglichst flache, hydraulisch raue Parabeln gestaltet werden. Fließwege sollten wieder verlängert werden, z.B. durch quer zur Fließrichtung angeordnete Raine. Dezentrale Becken können weiter helfen, Abfluss zwischenzuspeichern. Alle diese Maßnahmen scheinen zunächst unbedeutend, weswegen in der Vergangenheit auch leichtfertig der entgegengesetzte Weg beschritten wurde und früher bestehende Landschaftsstrukturelemente beseitigt wurden. Diese Maßnahmen sind aus zwei Gründen aber hocheffizient: Je höher oben entlang eines Fließweges eine Maßnahme ansetzt, umso länger wird die Strecke, über die es zu einer Verminderung der Schichtdicke des Abflusses und damit zu einer Verminderung der Fließgeschwindigkeit kommt. Dadurch entsteht in der Summe im Verhältnis zur Maßnahme eine große Wirkung. Gleichzeitig werden auch umso mehr Unterlieger geschützt, je weiter oben eine Maßnahme ansetzt. Die Schäden traten im konkreten Fall ja nicht nur in Simbach selbst, sondern traten z.B. als tiefe Gräben bereits weit oberhalb auf.

Hochwasser entsteht in der landwirtschaftlichen Flur und ist dort am besten zu bekämpfen.

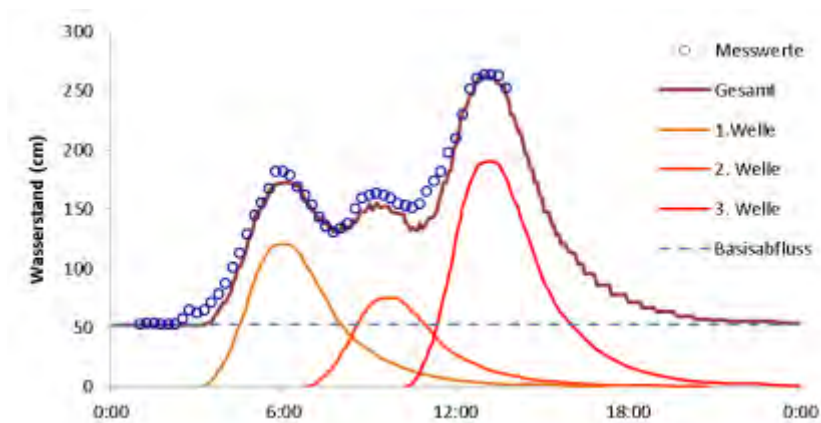


Abb. 143: Anpassung der Einheitsganglinie an die Pegelstände der drei ersten Hochwasserwellen in Simbach am 01.06.2016

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die besondere Stärke des Hochwassers von Simbach 2016 aus dem Zusammentreffen von drei ungünstigen Faktoren resultierte:

1. Die Regenmenge von ca. 160 mm innerhalb von zwei Tagen war ungewöhnlich groß, wobei kleinräumig noch wesentlich höhere Mengen auftraten; die Regenintensitäten waren dabei für solche Regen allerdings nur moderat.
2. Die größten Regenmengen traten nahe der Ortschaft Simbach auf, so dass die Fließstrecken kurz und die Dämpfung der Hochwasserwelle gering war.
3. Die höchsten Regenintensitäten traten erst gegen Ende des Regens auf, als die Retentionskapazitäten aller Flächennutzungen bereits weitgehend erschöpft waren. Dadurch haben praktisch alle Flächen einschließlich Grünland und Wald gleichzeitig geliefert und die Abflussrate lag bei allen Flächennutzungen nur unwesentlich unter der Regenintensität.

Auch wenn die Kombination selten ist, so ist sie doch gerade beim Einzugsgebiet Simbach zu erwarten, da die Eigenschaften dieses Einzugsgebietes diese Kombination fördern:

1. Das Einzugsgebiet ist klein, so dass es von einer Regenzelle mittlerer Größe vollständig erfasst werden kann.
2. Das Einzugsgebiet ist annähernd kreisrund. Auch dies begünstigt, dass es von üblicherweise runden Regenzellen vollständig und gleichzeitig erfasst wird.
3. Die annähernd runde Form des Einzugsgebietes bewirkt weiter, dass die Fließwege kurz und damit die Dämpfung der Hochwasserwelle gering ist.
4. Die annähernd runde Form führt schließlich dazu, dass die Fließwege alle annähernd gleich lang sind, so dass die Hochwasserwellen der verschiedenen Teileinzugsgebiete annähernd gleichzeitig in Simbach eintreffen und sich überlagern.
5. Das relativ hohe Gefälle der Fließwege führt zu einer raschen Lieferung und geringen Dämpfung.

Die hohe, dauerhaft gegebene Empfindlichkeit des Einzugsgebietes Simbach sollte bei der Landnutzung und Landschaftsstrukturgestaltung berücksichtigt werden. Dazu zählen insbesondere:

1. Die Fließwege sollten verlängert werden, z.B. durch quer zur Fließrichtung liegende Ranken und Raine und durch Beseitigung von Kurzschlüssen.
2. Die Fließwege, insbesondere auch die Wegseitengräben sollten möglichst flach gemuldet ausgeführt werden.
3. Fließwege sollten hydraulisch rau (z.B. durch strömungsresistente Vegetation) ausgeführt sein. Auf Grabenräumung ist daher zu verzichten.
4. Damit auf Grabenräumung verzichtet werden kann, muss der Erosionsschutz der Ackerflächen verbessert werden.
5. An Stellen, an denen Hangmulden in Gräben entwässern (am Übergang von Fließweg (2) zu (3)), sollten kleine (30 – 300 m³/ha) Rückhaltebecken mit gedrosseltem Auslauf vorgesehen werden, um den Sedimenteintrag in die Gräben weiter zu vermindern und um den Oberflächenabfluss zu dämpfen.

Die Gestaltung von geschwindigkeitsmindernden Gerinnen, Fließwegverlängerungen und Retentionsstrukturen setzt hydrologisches und hydraulisches Ingenieurwissen voraus. Dafür existieren besonders in den USA detailliert ausgearbeitet (z.B. NRCS 2012; NRCS o.J.), langjährig bewährte Standards. In Bayern fehlt allerdings das entsprechende Wissen, auch wenn es umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von begrünten Abflussmulden (z.B. Fiener und Auerswald 2003 a, b) oder zur Wirkung von Erdbecken gibt (Fiener et al. 2005). Wegen der Langlebigkeit der Maßnahmen, die weit über 20 Jahre ihre Wirkung entfalten können, und um Rückschläge zu vermeiden, ist es ratsam ihre Anlage ingenieurtechnisch begleiten zu lassen. Das dazu notwendige Fachwissen ist z.B. in den USA vorhanden, müsste aber in Bayern aufgebaut werden.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Eine Abfolge von Tiefdruckgebieten hat im Mai und Juni 2016 in ungewöhnlich vielen Teilen Bayerns zu Regenfällen mit sehr hoher Intensität und entsprechend hohem erosivem Potenzial geführt. Die Jährlichkeiten dieser Regenereignisse lagen oft über zehn, teilweise über hundert Jahren. Unter den Bedingungen des Klimawandels ist allerdings damit zu rechnen, dass Jahre mit Regenintensitäten wie 2016 häufiger vorkommen werden.

Im betroffenen Hügelland kam es zu erheblichen Bodenabschwemmungen mit der damit verbundenen Minderung der Bodenfruchtbarkeit. Große Mengen an Schlamm wurden in Gewässer eingetragen. Sturzfluten verursachten enorme Schäden. Im südlichen Landkreis Rottal-Inn starben durch die Überflutungen sieben Menschen. Die Sturzfluten transportierten vielfach Schlamm in die Siedlungen, was die Schäden erhöhte und die Aufräumarbeiten erschwerte.

Das Geschehen im Einzugsgebiet des Simbachs mit dem katastrophalen Hochwasser in der Stadt Simbach am 01.06.2016 ragt heraus und unterscheidet sich von den Starkregenereignissen im übrigen Bayern. Extrem hohe Regenmengen (ca. 160 mm gemittelt über das Einzugsgebiet) ergossen sich im Laufe von etwas mehr als 24 Stunden über das komplette Einzugsgebiet, ohne dass sehr hohe Regenintensitäten (mm/h) erreicht wurden. In einer späten Phase des Regenereignisses war das Speichervermögen der Böden erschöpft und alle Flächen im Einzugsgebiet spendeten Oberflächenabfluss. Die verschiedenen Landnutzungen lieferten nach Modellberechnung in etwa entsprechend ihrem Flächenanteil Oberflächenabfluss. Dem Maisanbau, der im Einzugsgebiet nur einen Flächenanteil von 13 % einnimmt (Wald und Grünland machen zusammen 50 % aus), ist die Sturzflut also nicht anzulasten. Das zuletzt in Talwegen und dann in Bächen wild abströmende Wasser hat im Einzugsgebiet massive Auskolkungen, Uferabbrisse und Zerstörungen an Straßen, Brücken und Gebäuden verursacht. Der gesamte Abfluss aus dem Einzugsgebiet musste in kurzer Zeit das Ortszentrum von Simbach passieren.

In den anderen Gebieten Bayern, die von heftigen Gewitterregen mit hoher kurzzeitiger Intensität aber in der Tagessumme niedrigeren Gesamtregenmengen betroffen waren, ist dagegen davon auszugehen, dass die Landnutzung das lokale Abflussgeschehen durchaus beeinflusste. In Böden, die vor dem Aufprall von Regentropfen durch Vegetation oder Mulch geschützt sind und keine Verdichtungen aufweisen, kann nach Einsetzen des Starkregens längere Zeit Wasser einsickern. Bei kurzer Regendauer spenden diese Flächen weniger Abfluss.

Wesentlich stärker als Flächennutzung und -bewirtschaftung beeinflusst aber die Fließgeschwindigkeit des abfließenden Wassers die Formung einer lokalen Hochwasserwelle. Begrünte Abflusswege, Fließwegverlängerungen und Retentionsstrukturen innerhalb der landwirtschaftlichen Flur können Hochwasserspitzen aus kleinen Einzugsgebieten kappen. In der Agrarlandschaft sind diese Strukturen aber nicht ausreichend vorhanden. Die vorliegende Dokumentation zeigt, dass sich wild abfließendes Wasser häufig an verklebten Durchlässen unter Wegen und Straßen zurückstaute. Wurde das Hindernis bei anhaltendem Wasserzustrom überflossen, kam es rückseitig häufig zu massiven Schäden an Brücken und Straßenkörpern. Geeignete Maßnahmen zum gezielten Bremsen und Rückhalten von Abfluss in der landwirtschaftlichen Flur sind deshalb in Angriff zu nehmen. Angesichts der Größe des betroffenen Raums ist dies eine herausfordernde Zukunftsaufgabe.

Von Bodenabschwemmungen waren in fast allen von uns dokumentierten Fällen Maisfelder betroffen, die in der Zeit von Mai bis Juni mangels Bodenbedeckung besonders verwundbar sind. Die übliche Maismulchsaat mit Saatbettbereitung und relativ geringer Bodenbedeckung nach der Saat erwies sich zwar als widerstandsfähiger gegen Erosion als Maisfelder ohne jede Mulchsaat, das Mulchsaatverfahren mit intensiverer Saatbettbereitung reichte aber bei sehr hoher Regenintensität nicht aus, um Bodenabschwemmungen hinreichend zu verhindern. Dies gelang bei Maismulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“) recht gut. Dieses Verfahren wird von einigen Landwirten erfolgreich praktiziert, ist aber in der Fläche noch wenig präsent.

Die Beobachtungen von 2016 bestätigten grundsätzlich die Ergebnisse einer LfL-Feldstudie im Tertiärhügelland aus den Jahren 2011/2012 (Kistler et al. 2013). Dort waren Erosionsschäden nach Niederschlägen mit Jährlichkeiten überwiegend im Bereich von 10 Jahren dokumentiert und analysiert worden. Auf Basis einer quantitativen Auswertung von ca. 2.000 von Starkregen betroffenen Maisfeldern war nachgewiesen worden, dass *„Maismulchsaat nach Zwischenfruchtanbau zwar häufig praktiziert wird, der Boden aber vor der Maissaat meist intensiv bearbeitet ist, so dass nur noch wenig Mulchmaterial auf der Bodenoberfläche verbleibt. Schutz vor Bodenerosion ist dann während der Starkregen im Mai/Juni nur mehr eingeschränkt vorhanden. Die schützende Bodenbedeckung nach der Maissaat könnte viel höher sein, wenn auf eine intensive Bodenbearbeitung verzichtet und Gülle z.B. im Injektionsverfahren in den Boden gebracht würde.“*

Die wichtigste Erosionsschutzmaßnahme in Maisfruchtfolgen ist deshalb eine möglichst durchgehend hohe Bodenbedeckung. Zwischenfrüchte und Mulchsaatverfahren mit geringem Bodeneingriff bei Gülleausbringung und Saat müssen die Lücke zwischen Getreidernte und Reihenschluss der Maispflanzen schließen. Grundsätzlich problematisch sind einheitlich mit Mais oder anderen Reihenkulturen bestellte langgezogene Hänge. Direktsaat von Mais, dauerhafte Begrünung von Abflussrinnen oder zumindest die Teilung des Hangs in Getreide und Mais sind dann Alternativen zur Risikominderung. Generell muss bei der Bewirtschaftung darauf geachtet werden, dass Fruchtbarkeit und Infiltrationsvermögen der Böden gestärkt werden. Vermeiden von Bodenverdichtungen, Erhalt oder Mehrung des Humusgehalts, Förderung der Regenwürmer und ausreichende Kalkdüngung sind ackerbauliche Tugenden, die gepflegt werden wollen. All diese Maßnahmen erleichtern es den Kulturen auch Trockenphasen besser zu überstehen. Selbstverständlich sind Flächen von Betrieben, die keinen oder wenig Mais (oder andere Reihenkulturen) anbauen und Gras oder Klee gras als Futter verwenden, in viel geringerem Maß von Bodenerosion betroffen. Das sind z.B. Ökobetriebe mit Klee gras statt Mais und generell Grünlandbetriebe.

Im Vergleich zur Feldstudie von 2011/2012 wurden bei den Beobachtungen nach den Starkregen im Jahr 2016 mehr Felder mit hoher Widerstandskraft gegen Bodenerosion angetroffen. Das heißt, eine zunehmende Anzahl von Betrieben mit Maisfruchtfolgen wirtschaftet beim Erosionsschutz vorbildlich und erfolgreich.

Wo es im Jahr 2016 in den erosionsgefährdeten Maisanbaugebieten zu Regenfällen mit sehr hoher Intensität kam, standen einzelne, gut geschützte Maisfelder aber einer Mehrheit von Maisfeldern mit geringerem Schutzniveau gegenüber. Um unterliegende Güter hinreichend vor Schaden durch Schlamm zu bewahren, hätte der Anteil gut geschützter Flächen in der Flur deutlich höher sein müssen. Viele landwirtschaftliche Betriebe sind deshalb herausgefordert, ihre Wirtschaftsweise Schritt für Schritt anzupassen.

Literaturverzeichnis

Bartels, H., Weigl, E., Reich, T., Lang, P., Wagner, A., Kohler, O., Gerlach, N. (2004): MeteoSolutions GmbH, Projekt RADOLAN: Routineverfahren zur Online-Aneicherung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer). DWD

Becker, A. (2016): Persönliche Mitteilung.

Fiener, P., Auerswald, K. (2003): Concept and effects of a multi-purpose grassed waterway. *Soil Use and Management* 19, 65–72

Fiener, P., Auerswald, K. (2003): Effectiveness of grassed waterways in reducing runoff and sediment delivery from agricultural watersheds. *J. Environ. Qual.* 32: 927–936

Fiener, P., Auerswald, K., Weigand S. (2005): Managing erosion and water quality in agricultural watersheds by small detention ponds. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 10: 132–142

Fischer, F.; Hauck, J., Brandhuber, R., Weigl, E., Maier, H., Auerswald K. (2016): Spatio-temporal variability of erosivity estimated from highly resolved and adjusted radar rain data (RADOLAN). *Agricultural and Forest Meteorology* 223: 72–80

Fischer F. (2014) Comparison of erosion modelling based on high-resolution radar rain data with aerial photo erosion classification. Masterarbeit, TU München

Kistler, M., Brandhuber, R., Maier, H. (2013): Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen, Ergebnisse einer Feldstudie. Schriftenreihe Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 8/2013, 114 S.

NRCS (2012) National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
www.hydrocad.net/neh/630contents.htm

NRCS (o.J.): National Engineering Handbook Section 5: Hydraulics. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service
<http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/NEHhydraulics/neh5.pdf>

Piper, D., Kunz, M., Ehmele, F., Mohr, S., Mühr, B., Kron, A., Daniell, J. (2016): Exceptional sequence of severe thunderstorms and related flash floods in May and June 2016 in Germany – Part 1: Meteorological background. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16, 2835–2850

Rudolph, B., Rapp, J. (2003): Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. Klimastatusbericht 2002, Deutscher Wetterdienst, 172–187

Ziese, M., Junghänel, T., Becker, A. (2016): Andauernde Großwetterlage Tief Mitteleuropa entfaltet ihr Unwetterpotential mit starken Gewittern und massiven Schadensgeschehen in Deutschland
www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603_starkregen_mai-2016_meldung.pdf