9 Modellierung der Bodenerosion

Für die beiden Gebiete Talsperre Saidenbach und Niederstriegis wurden mit Hilfe des Modells EROSION 3D Simulationsrechnungen zum Bodenabtrag unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenbearbeitungsszenarien und Niederschlagsereignisse durchgeführt.

Bei der Simulation für das Einzugsgebiet der Trinkwasser-Talsperre Saidenbach handelt es sich um ein vollständiges, in sich geschlossenes Einzugsgebiet mit einem Gebietsauslass an der Talsperrenmauer und einer Größe von 6076,6 ha. Dieses Einzugsgebiet wurde wiederum in sieben Teileinzugsgebiete unterteilt (Abbildung 48). Die Fläche Lippersdorf liegt innerhalb dieses Einzugsgebietes im Teileinzugsgebiet 2 (Abbildung 48). Der Anteil der Ackerfläche an der Gesamtfläche geht aus den folgenden Tabellen hervor (Tabelle 49 bis Tabelle 51)

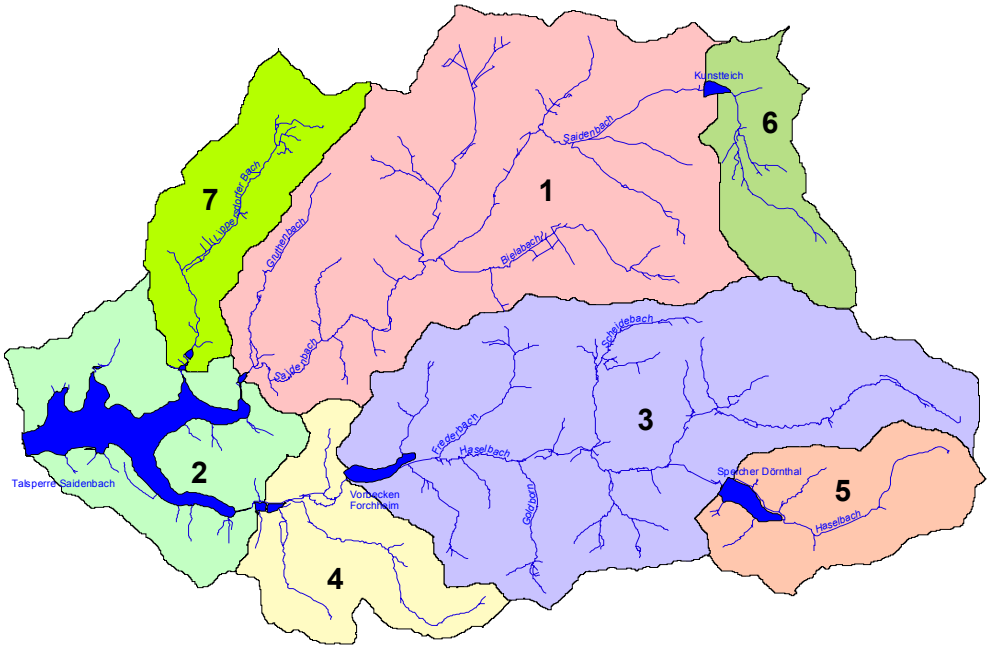

Abbildung 48: Teileinzugsgebiete des Gesamteinzugsgebietes der Talsperre Saidenbach, Erzgebirge

Zunächst wurde für die tatsächliche Nutzung im Jahr 1996 der Bodenabtrag im Talsperreneinzugsgebiet für ein extremes Niederschlagsereignis mit einer Wiederkehrdauer von zehn Jahren simuliert (Tabelle 49). Darauf aufbauend wurden zwei weitere Simulationen unter der Annahme durchgeführt, dass die gesamte Ackerfläche im Einzugsgebiet in einem Jahr mit Mais bestellt ist. Eine Simulation erfolgte hierbei unter der Annahme, dass die gesamte Ackerfläche konventionell mit dem Pflug bearbeitet wird ("worst-case") (Tabelle 50, Abbildung 49), die zweite Simulation nimmt für die gesamte Ackerfläche die Durchführung

von konservierender Bodenbearbeitung an (Tabelle 51, Abbildung 50). In beiden Szenarien wurde als Zeitpunkt ein Termin im Mai vor dem Auflaufen des Pflanzenbestandes (Saatbettzustand) bei hoher Bodenfeuchte (Feldkapazität) gewählt und ein 10-jähriges Niederschlagsereignis simuliert. Diese "worst-case"-Bedingungen erlauben es, besonders erosionsanfällige Bereiche eines Einzugsgebietes auszugrenzen, für die dann ggf. weitere Erosionsschutzmaßnahmen ergriffen werden können.

In Abbildung 49 und Abbildung 50 sind die Netto-Schlagausträge für die zwei berechneten Szenarien dargestellt. Diesen Werten liegt eine Modellrechnung auf Basis eines 25-Meter-Rasters zugrunde. Die Gesamtausträge aus den Teileinzugsgebieten für den Iststand des Jahres 1996 und die zwei gewählten Szenarien sind in Tabelle 49, Tabelle 50 und Tabelle 51 dargestellt.

Entsprechend Abbildung 49 (Erosionsbereiche sind in gelben bis roten Farben dargestellt, Depositionsbereiche in grünen bis blauen Farben) erreichen die Bodenverluste unter den voranstehenden Bedingungen (d. h. Saatbettzustand nach flächenhaft praktizierter konventioneller Bodenbearbeitung mit dem Pflug) Größenordnungen bis über 250 $t*ha^{-1}$. Ein Großteil der Ackerschläge zeigt Bodenverluste von über 25 bis 250 $t*ha^{-1}$. Im Durchschnitt verlassen das Einzugsgebiet unter den getroffenen Annahmen 91.470 t Boden, bzw. 15,05 $t*ha^{-1}$ oder 49,69 $t*ha^{-1}$, wenn der Bodenabtrag nur auf die Ackerflächen bezogen wird (Tabelle 50).

Unter der Annahme einer flächendeckend konservierenden Bestellung von Mais fällt auf, dass selbst bei dem simulierten Extremereignis auf einem Großteil der Ackerschläge nur noch mit Bodenabträgen unter 2,5 $t*ha^{-1}$ zu rechnen ist (Tabelle 51, Abbildung 50). Im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung ergibt sich somit eine Austragsminderung von 95 %. Die durchschnittlichen Abträge dieses Szenarios liegen i.d.R. sogar unter den für den Iststand mit nur geringer Mais- und erheblicher Getreidenutzung simulierten Abträgen (Tabelle 49). Bei der gegebenen Kulturartenverteilung und flächenhaft konservierender Bodenbearbeitung wären also noch deutlich geringere Austräge zu erwarten. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass bei konsequenter Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung selbst auf stark erosionsgefährdeten Standorten ausgesprochen große Abtragsminderungen erreichbar sind und dies auch den Anbau von Reihenkulturen wie Mais oder Zuckerrüben nicht in Frage stellt.

Tabelle 49: Bodenabträge im EZG-Saidenbach bei Ist-Nutzung des Jahres 1996, 10jähriges Niederschlagsereignis, Mitte Mai

Teilgebiet (vgl.Abbildung 48)	Name	Sediment-volumen [t]	Fläche [ha]	Nettaustrag [t*ha^{-1}]	Ackerfläche [ha]	Nettoaustrag Acker [t/ha]
1	Vorsperre Saidenbach	3222,8	1879,18	1,72	667,32	4,83
2	Talsperre Saidenbach	833,0	712,65	1,17	139,78	5,96
3	Vorbecken Forchheim	1716,0	1785,06	0,96	448,65	3,82
4	Vorsperre Haselbach	743,0	458,87	1,62	156,44	4,75
5	Dörnthaler Teich	415,0	447,93	0,93	107,91	3,85
6	Kunstteich	663,2	339,00	1,96	153,10	4,33
7	Vorsperre Lippersdorf	1354,0	444,91	3,04	167,70	8,37
Gesamtgebiet	**EZG Saidenbach**	**8947,0**	**6076,60**	**1,47**	**1840,9**	**4,86**

Tabelle 50: Bodenabträge im EZG-Saidenbach bei vollständigem Maisanbau, 10jähriges Niederschlagsereignis, Mitte Mai, Saatbettzustand, konventionelle Bodenbearbeitung (worst-case)

Teilgebiet (vgl. Abbildung 48)	Name	Sediment-volumen [t]	Fläche [ha]	Nettaustrag [t*ha^{-1}]	Ackerfläche [ha]	Nettoaustrag Acker [t/ha]
1	Vorsperre Saidenbach	41440,0	1879,18	22,05	667,32	62,10
2	Talsperre Saidenbach	3720,0	712,65	5,22	139,78	26,61
3	Vorbecken Forchheim	24329,0	1785,06	13,63	448,65	54,23
4	Vorsperre Haselbach	4880,0	458,87	10,63	156,44	31,19
5	Dörnthaler Teich	1741,0	447,93	3,89	107,91	16,13
6	Kunstteich	3560,0	339,00	10,50	153,10	23,25
7	Vorsperre Lippersdorf	11800,0	444,91	26,52	167,70	72,97
Gesamtgebiet	**EZG Saidenbach**	**91470,0**	**6076,60**	**15,05**	**1840,9**	**49,69**

Tabelle 51: Bodenabträge im EZG-Saidenbach bei vollständigem Maisanbau, 10jähriges Niederschlagsereignis, Mitte Mai, Saatbettzustand, konservierende Bodenbearbeitung

Teilgebiet (vgl.Abbildung 48)	Name	Sediment-volumen [t]	Fläche [ha]	Nettaustrag [t*ha^{-1}]	Ackerfläche [ha]	Nettoaustrag Acker [t/ha]
1	Vorsperre Saidenbach	1373,6	1879,18	0,73	667,32	2,06
2	Talsperre Saidenbach	978,8	712,65	1,37	139,78	7,00
3	Vorbecken Forchheim	861,8	1785,06	0,48	448,65	1,92
4	Vorsperre Haselbach	113,0	458,87	0,25	156,44	0,72
5	Dörnthaler Teich	210,2	447,93	0,47	107,91	1,95
6	Kunstteich	99,4	339,00	0,29	153,10	0,65
7	Vorsperre Lippersdorf	941,2	444,91	2,12	167,70	5,82
Gesamtgebiet	**EZG Saidenbach**	**4578,0**	**6076,60**	**0,75**	**1840,9**	**2,49**

Die mit dem Modell Erosion 3D berechneten Gebietsausträge entsprechen den Einträgen in das Gewässernetz bzw. in diesem Fall in die Talsperre Saidenbach und ihre Vorsperren. Die potenzielle Entlastung durch Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung (selbst unter "worst-case" Bedingungen, d. h. flächenhafter Maisanbau) wird deutlich, wenn die absoluten Bodenausträge für das Gesamtgebiet gegenüber gestellt werden. Bei konventioneller Bodenbearbeitung und vollständigem Maisanbau wurden für das zehnjährige Ereignis 91.470 t Gebietsaustrag errechnet (Tabelle 50), bei konservierender Bodenbearbeitung nur noch 4.578 t (Tabelle 51). Selbst unter der Ist-Nutzung des Jahres 1996 waren die errechneten Austräge mit 8.947 t bei sehr viel geringerer Maisanbaufläche deutlich höher (Tabelle 49).
Im Jahr 2001 wurden bereits ca. 80 % der Ackerflächen im Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach konservierend bewirtschaftet. Damit dürfte der aktuelle Gebietsaustrag unter Berücksichtigung des tatsächlichen Kulturartenverhältnisses sogar unterhalb des in Tabelle 51 ausgewiesenen niedrigen Niveaus liegen.

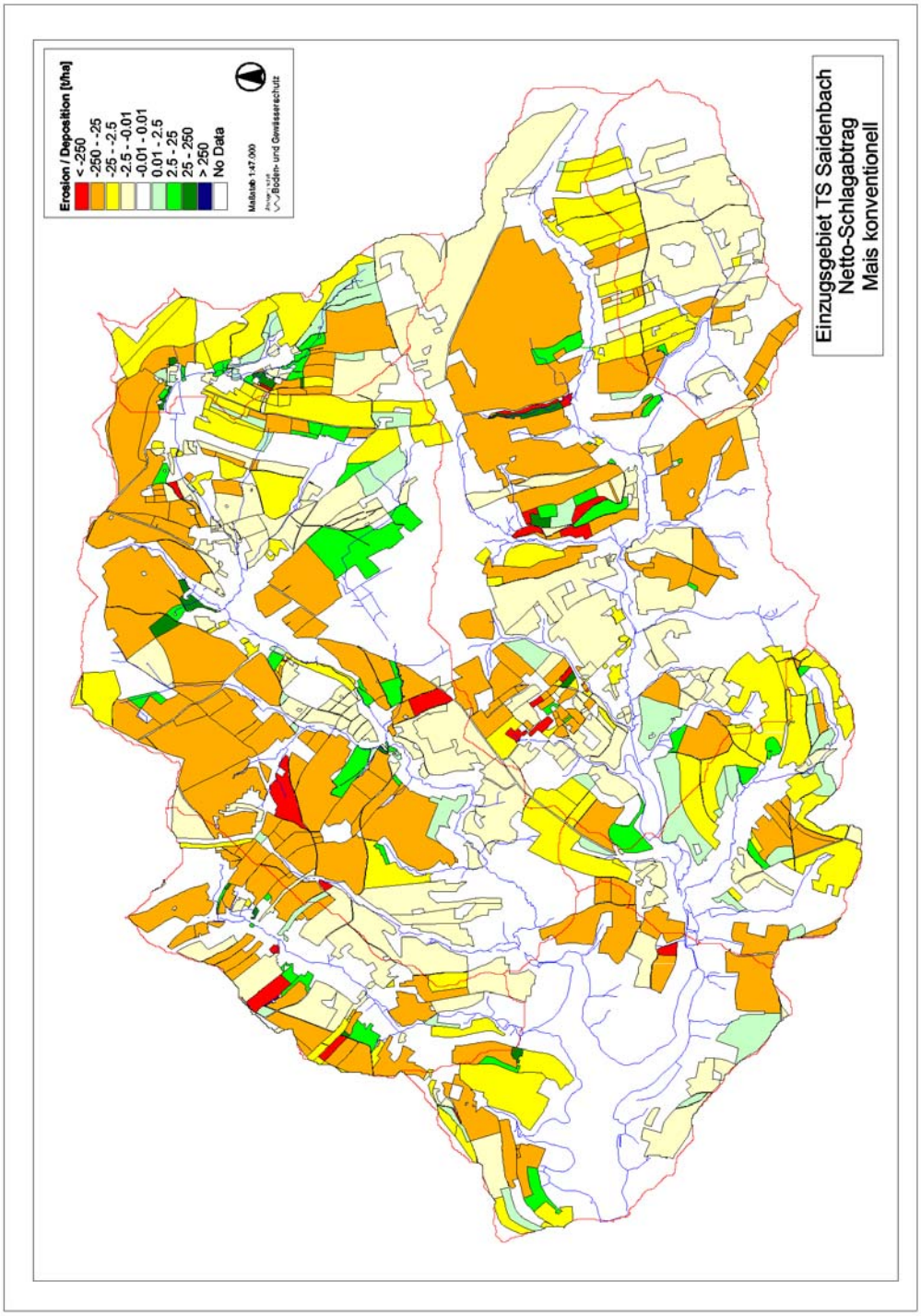

Abbildung 49: Erosion und Deposition im Gebiet Talsperre Saidenbach nach 10jährigem Extremereignis Mitte Mai, Alle Ackerflächen mit Mais bestellt, Saatbettzustand bei Feldkapazität, konventionelle Bodenbearbeitung ("worst-case")

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

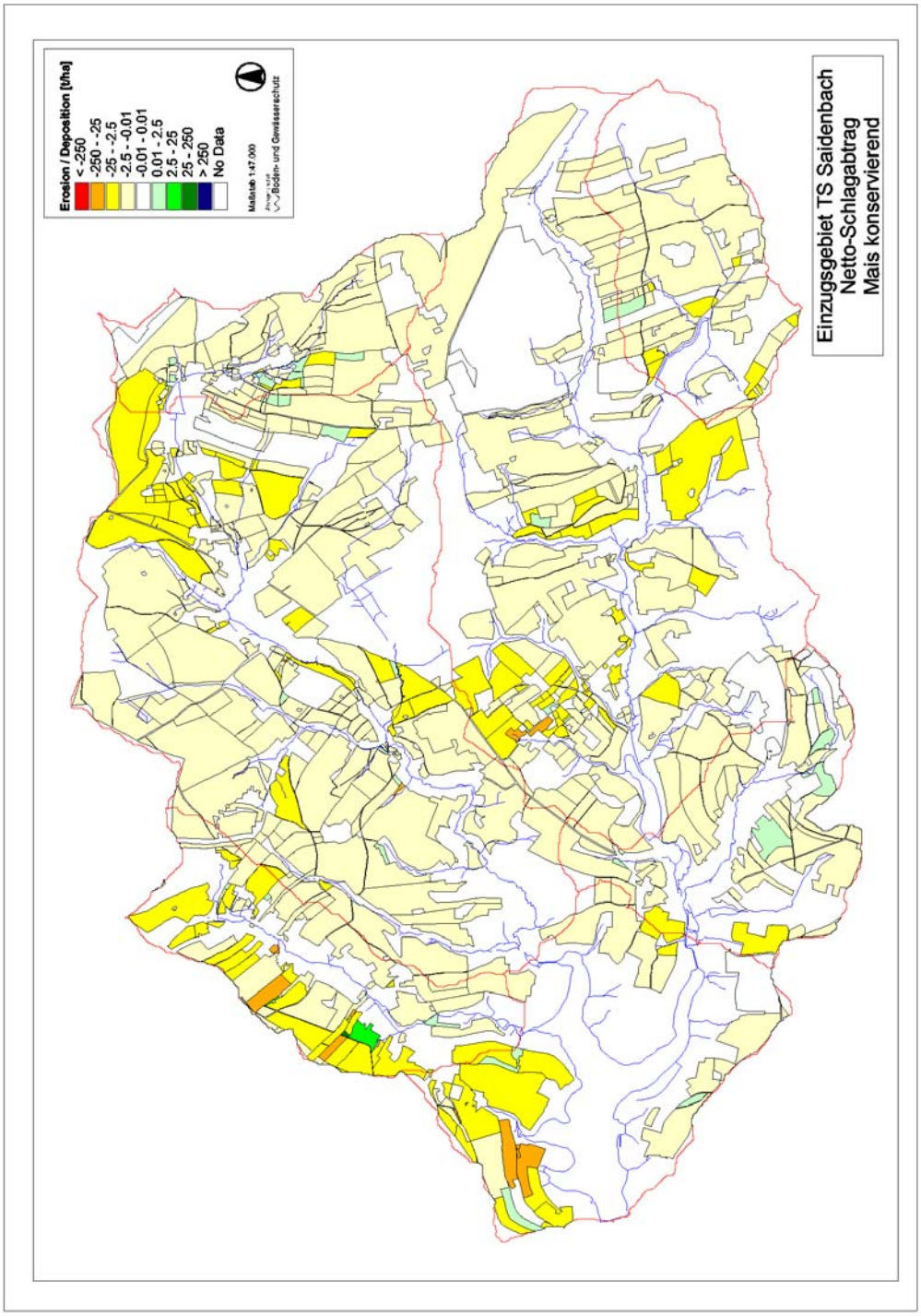

Abbildung 50: Erosion und Deposition im Gebiet Talsperre Saidenbach nach 10jährigem Extremereignis Mitte Mai, alle Ackerflächen mit Mais bestellt, Saatbettzustand bei Feldkapazität, konservierende Bodenbearbeitung

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

Neben dem Einzugsgebiet der Talsperre Saidenbach wurde der Bodenabtrag für ein Teileinzugsgebiet der Striegis simuliert. Das Gebiet liegt im Bereich der Einmündung der Striegis in die Freiberger Mulde und umschließt die beiden Untersuchungsflächen Niederstriegis und Littdorf. Die Grenzen des simulierten Gebietes stellen kein vollständiges Einzugsgebiet dar, so dass bei der Bestimmung der Gebietsausträge mehrere Gebietsauslässe berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus entsprechen die ermittelten Gebietsausträge nicht direkt den Einträgen in das Gewässer, da mögliche Ablagerungsprozesse zwischen den Grenzen des simulierten Ausschnittes und dem Eintritt in das Gewässer nicht berücksichtigt werden können.

Die Größe des simulierten Gebietes umfasst ca. 1.370 ha. Die ackerbauliche Nutzung macht ca. 70 % des Gebietes aus, 20 % der Fläche stellen Grünland dar (Abbildung 51).

Neben der Form der Bodenbearbeitung wurden zwei unterschiedliche Niederschlagsintensitäten simuliert (10-jähriges und 2-jähriges Niederschlagsereignis). Als "worst-case"-Variante wurde angenommen, dass alle Flächen konventionell bearbeitet wurden, mit Mais bestellt sind (3-4 Knoten-Stadium im Mai) und ein 10-jähriges Niederschlagsereignis (22,2 mm, 40 Minuten Dauer, 1,98 $mm*min^{-1}$ max. Intensität) auftritt. Darüber hinaus wurden für dieselbe Kulturart und dasselbe Niederschlagsereignis der Einsatz der konservierenden Bodenbearbeitung simuliert. Unterteilt wurden diese Simulationen noch hinsichtlich des Mulchbedeckungsgrades (10, 30 und 50 %), der unterschiedliche Bearbeitungsintensitäten repräsentiert (Tabelle 52).

Zudem wurde der Bodenabtrag bei konventioneller Bodenbearbeitung und bei konservierender Bearbeitung (mit 30 % Bodendeckung) für ein 2-jähriges Niederschlagsereignis (20,0 mm, 40 Minuten Dauer, 1,29 $mm*min^{-1}$ max. Intensität) simuliert (Tabelle 52).

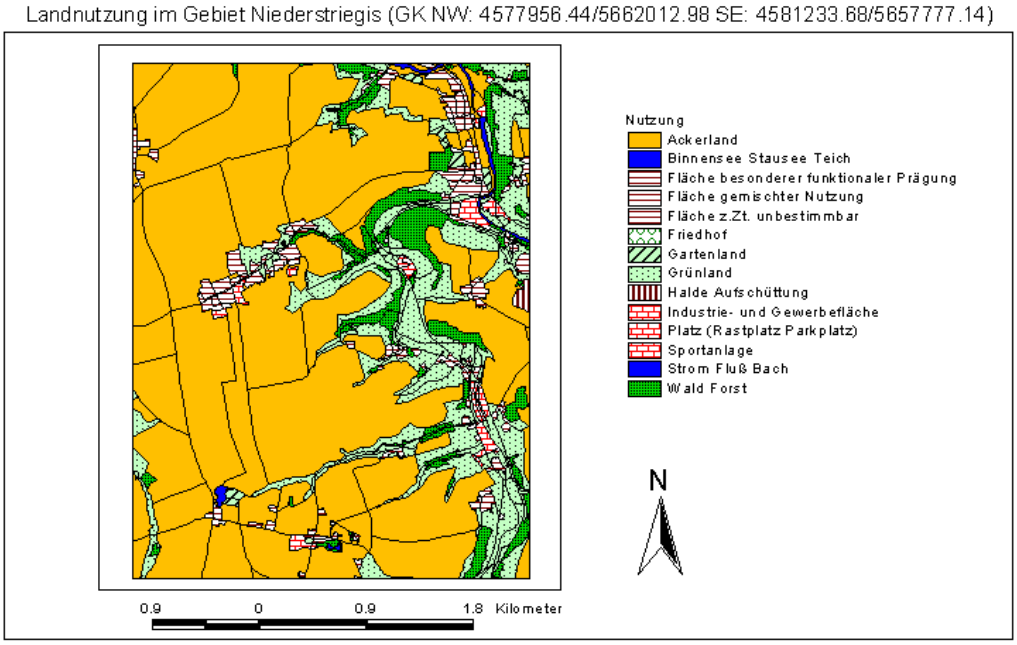

Abbildung 51: Landnutzung im Gebiet Niederstriegis

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

Die Simulationsergebnisse in Tabelle 52 zeigen deutlich die erosionsmindernde Wirkung der konservierenden Bodenbearbeitung. Werden bei konventioneller Bodenbearbeitung und einem 10-jährigen Niederschlagsereignis über 70 to Boden*ha^{-1} abgetragen (Abbildung 52), so reduziert sich dies auf 3,9 to*ha^{-1} bei konservierender Bodenbearbeitung mit durchschnittlicher Intensität (30 % Mulchbedeckung, Abbildung 54). Ähnliches gilt für das 2-jährige Niederschlagsereignis. Dieses erlaubt eine Senkung der Bodenabträge von 28,7 auf 2,1 to*ha^{-1} bei konservierender Bodenbearbeitung (Tabelle 52, Abbildung 56, Abbildung 57).
Die Simulationsergebnisse für das Gebiet Niederstriegis verdeutlichen, dass auch auf lössbedeckten Flächen durch die flächendeckende Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung eine Abtragsminderung um über 90 % zu erzielen ist.
Die dargestellten Szenarios mit einer vollständigen Maisnutzung eignen sich sehr gut, um besonders erosionsgefährdete Bereiche in Einzugsgebieten auszugrenzen. Flächen, die trotz konservierender Bodenbearbeitung noch verstärkten Bodenabtrag zeigen sollten bei weiteren Erosionsschutzmaßnahmen verstärkt berücksichtigt werden. Oftmals handelt es sich bei diesen Bereichen z.B. um präferierte Abflussbahnen, die durch eine dauerhafte Begrünung stärker geschützt werden könnten. Außerdem könnte eine Verkürzung von Abflussbahnen durch Schlagunterteilungen auf Basis der Erosionssimulationen eine weitere Verminderung der Bodenabträge bewirken. Es bleibt aber festzuhalten, dass es sich bei diesen Maßnahmen

nur um ergänzende Maßnahmen handeln darf, da sie nie die Effektivität der konservierenden Bodenbearbeitung (> 90 % Erosionsminderung) erreichen.

Tabelle 52: Simulierter Bodenabtrag [t*ha^{-1}] im Gebiet Niederstriegis in Abhängigkeit von der Niederschlagsintensität, der Bodenbearbeitung und der Mulchbedeckung

	Konventionelle Bodenbearbeitung	Konservierende Bodenbearbeitung 10% Mulchdeckung	Konservierende Bodenbearbeitung 30% Mulchdeckung	Konservierende Bodenbearbeitung 50% Mulchdeckung
10-jähriger Niederschlag	70,2 Abbildung 52	4,8 Abbildung 53	3,9 Abbildung 54	2,9 Abbildung 55
2-jähriger Niederschlag	28,7 Abbildung 56	-	2,1 Abbildung 57	-

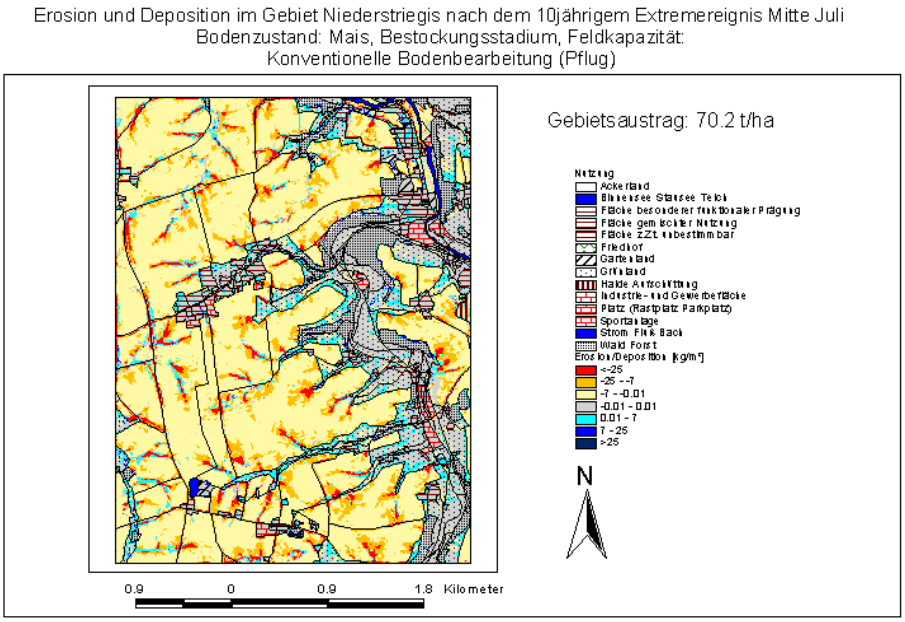

Abbildung 52: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 10jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Pflug

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

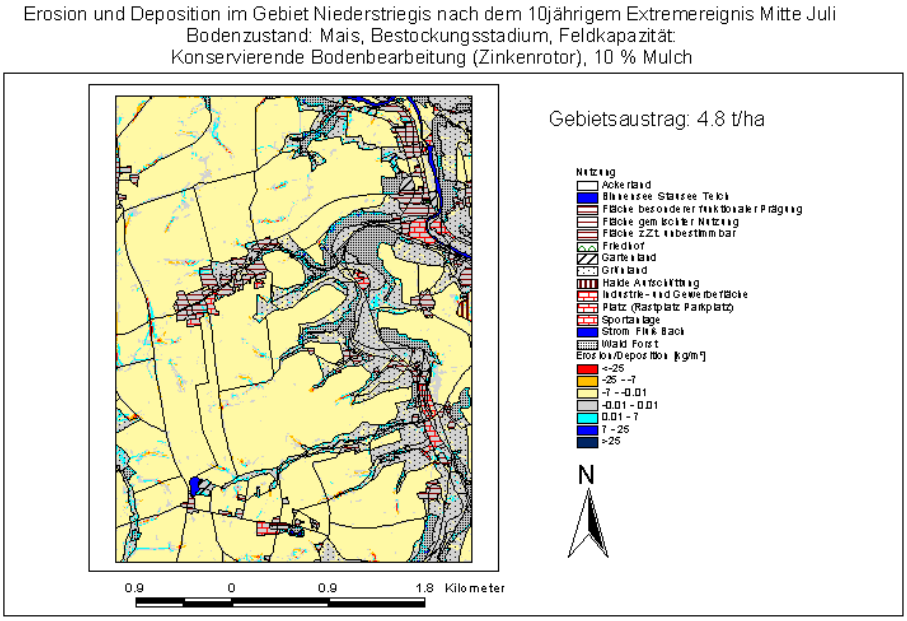

Abbildung 53: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 10jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Konservierend (Zinkenrotor), 10 % Mulchbedeckung

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

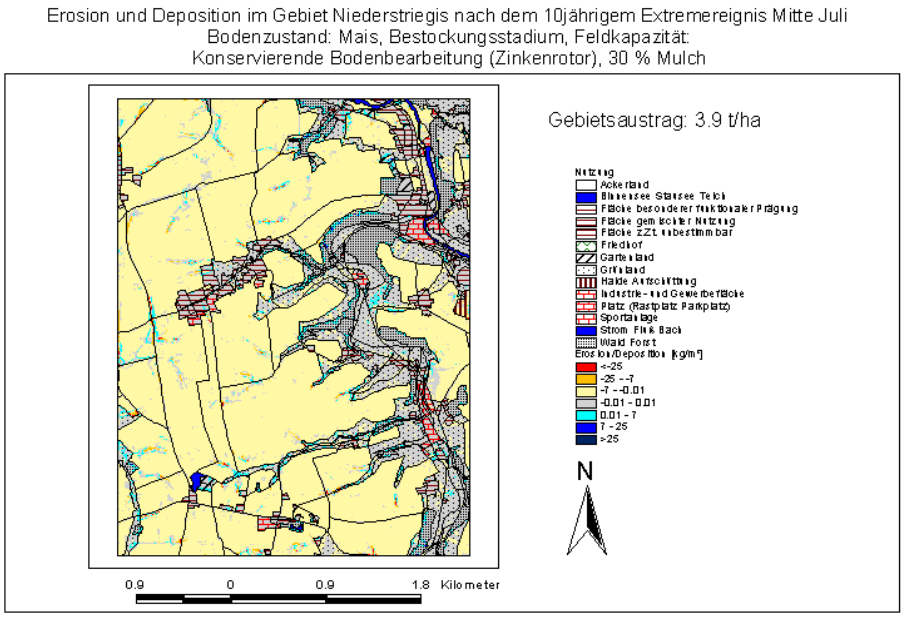

Abbildung 54: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 10jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Konservierend (Zinkenrotor), 30 % Mulchbedeckung

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

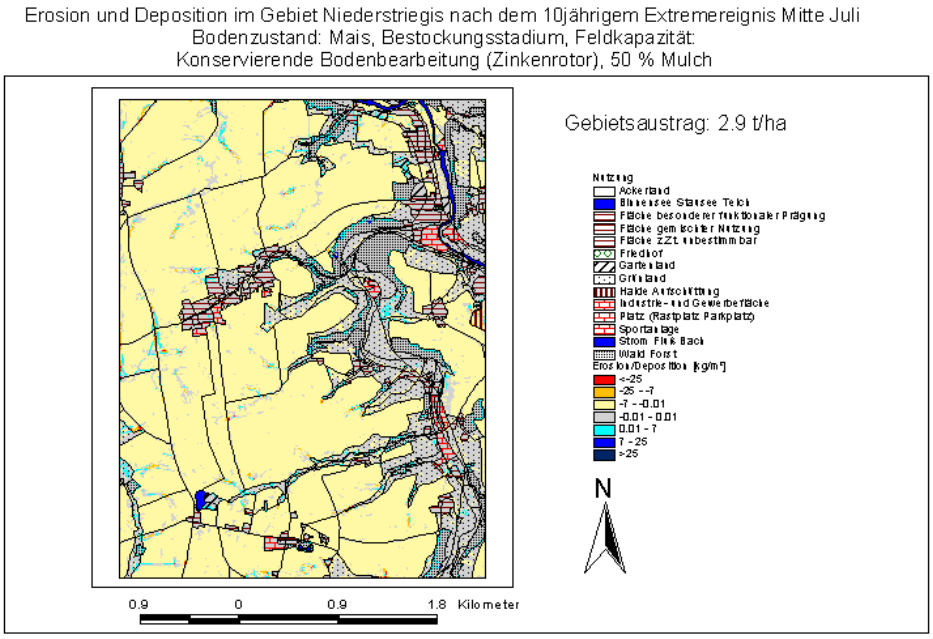

Abbildung 55: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 10jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Konservierend (Zinkenrotor), 50 % Mulchbedeckung

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

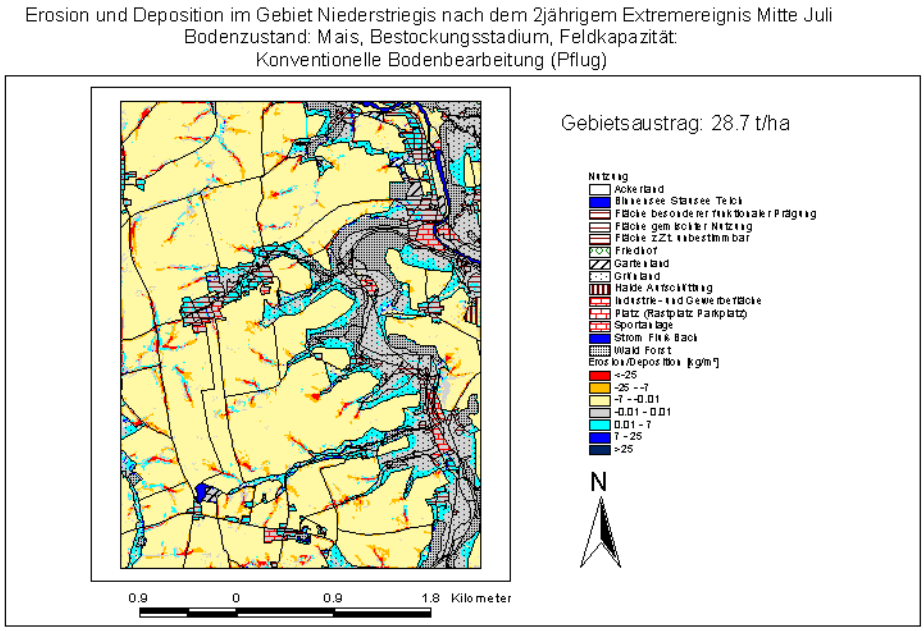

Abbildung 56: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 2jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Pflug

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

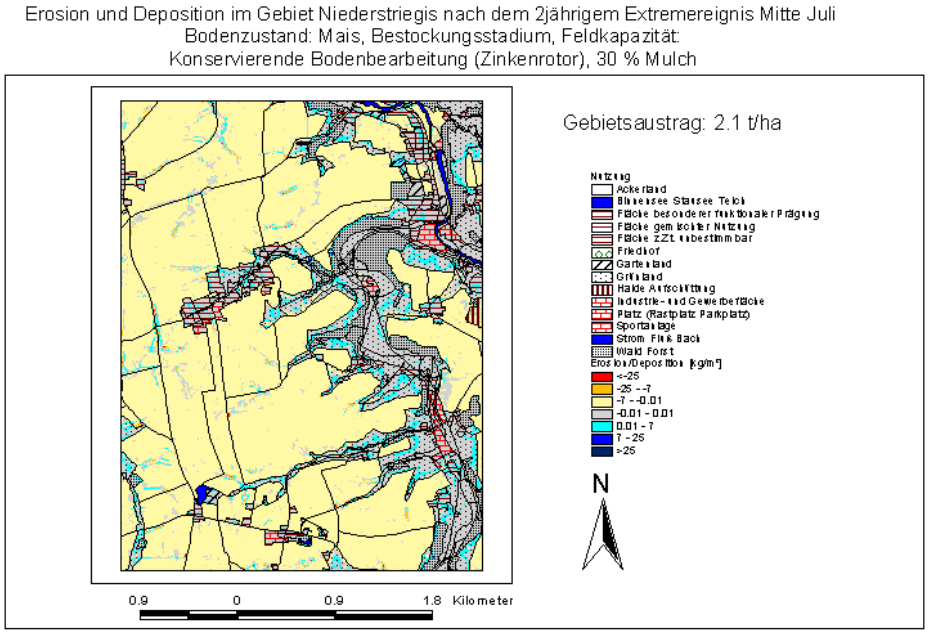

Abbildung 57: Erosion und Deposition im Gebiet Niederstriegis nach 2jährigem Extremereignis Mitte Juli; Bodenzustand: Feldkapazität, Mais (3-4 Knoten), Bodenbearbeitung: Konservierend (Zinkenrotor), 30 % Mulchbedeckung

Darstellung auf Grundlage der Topographischen Karte 1 : 10000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnr. DN R 01/01, Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede weitere Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

Die in den beiden Gebieten durchgeführten Simulationen zeigen, dass die bei Beregnungssimulationen gewonnenen Abtragsminderungen durch die Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung auch auf große Flächeneinheiten übertragbar sind. Das bedeutet, dass durch die um über 90 % verminderten Bodenabträge bei flächenhafter konservierender Bodenbearbeitung eine drastische Reduzierung der P-Einträge, die über den Erosionspfad in die Gewässer gelangen, erzielt werden kann.