



Universität für Bodenkultur Wien
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Dipl.Ing. Dr. Alexander Prokop

Peter Jordan Str. 82

Tel.: #43-1-47654-4350

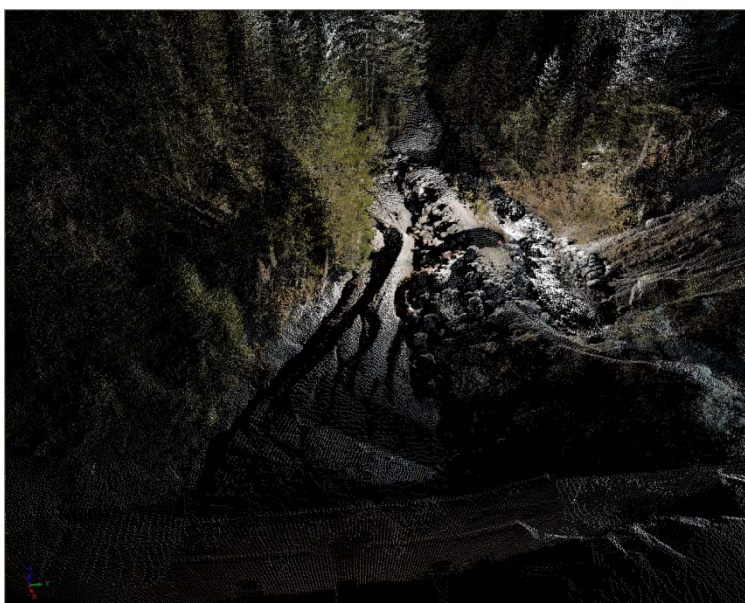
A-1190 WIEN

Fax: #43-1-47654-4390



Endbericht IAN-Report 129

**Terrestrisches Laserscannen von Geschiebeumlagerungen am
Feistritzbach (im Rahmen des EU-Life-Projekts „Obere Drau“)**



Im Auftrag:



**Forsttechnischer Dienst für
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Kärnten**



Wien, Juni 2011

Report 129: Terrestrisches Laserscannen von Geschiebeumlagerungen am Feistritzbach

Im Auftrag von: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Kärnten

Projektleitung: DI Dr. Alexander Prokop

Mitarbeiter: DI Dr. Alexander Prokop, Florian Singer

Universität für Bodenkultur

Department Bautechnik und Naturgefahren

Institut für Alpine Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82

Tel.: #43-1-47654-4350

A – 1190 Wien

Fax: #43-1-47654-4390

Endbericht

Report Nr. 129

Referenz (Literaturzitat): Prokop, A., Singer, F., (2011): Terrestrisches Laserscannen von
Geschiebeumlagerungen am Feistritzbach; IAN Report 129, Institut für Alpine Naturgefahren,
Universität für Bodenkultur - Wien (unveröffentlicht)

Wien, im Juni 20011

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1.	Zielsetzung	4
2.	Methode.....	5
2.1.	Messgerät	5
2.2.	Datenaufnahme	6
2.3.	Datenbearbeitung	7
2.4.	Messgenauigkeit.....	9
3.	Ergebnisse.....	10
3.1.	Scanabschnitt 1 (oberhalb d. neu gebauten Sperre):	10
3.2.	Scanabschnitt 2 (Oberster Scanbereich)	18
3.3.	Scanabschnitt 3 (Bereich unterhalb der Sperre).....	21
3.4.	Scanabschnitt 4 (zwischen: unterhalb der Sperre und oberhalb der Straßenbrücke in Feistritz).....	23
3.5.	Scanabschnitt 5 (rund um den Bereich der Straßenbrücke in Feistritz).....	25
3.6.	Scanabschnitt 6 (Becken im untersten gemessenen Bereich d. Feistritzbach) .	27
4.	Zusammenfassung	30
5.	Anhang.....	32

1. Einleitung

Im Rahmen des LIFE II Projektes Obere Drau wird die bestehende Geschiebestausperre hm 17,30 eingeschliffen und davor eine Schlitzsperre in kronenoffener Bauweise errichtet. Dadurch werden die derzeit hinter der Sperre lagernden Geschiebemengen in Folge von Hoch- und Mittelwasserführung wieder der Drau zugeführt. Zuerst wird das Geschiebe sich aber im Unterlaufbereich anlagern bzw. umlagern. Unbekannt sind allerdings die genauen Mengen an Geschiebe, die vom Umlagerungsprozess betroffen sein werden. Auch die flächige Verteilung der Umlagerungen des Geschiebes kann noch nicht eingeschätzt werden.

1.1. Zielsetzung

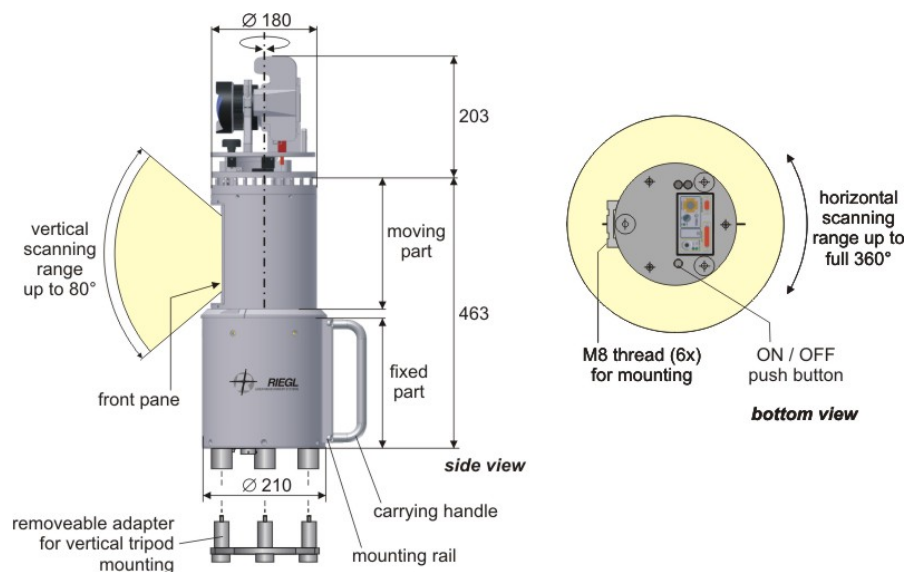
Am Unterlauf des Feistritzbaches werden in einer längeren Messserie die Geschiebeumlagerungen im Projektgebiet mittels des Laserscanners „RiegI LMS Z420i“ aufgenommen. Dabei sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wie viel Geschiebe wurde oberhalb der neuen Sperre erodiert?
- Wie viel Geschiebe wurde davon am Schwemmkegel abgelagert?
- Folglich sind in etwa wie viele m³ an Geschiebe in die Drau transportiert worden?

2. Methode

2.1. Messgerät

Für die Laserscanmessungen wurde der Laserscanners „Riegls LMS Z420i“ ausgewählt, da dieser, durch seine Fähigkeiten horizontal 360° Messflächen abzudecken sowie ausgenommen schnell und durch seinen geringen Strahlendurchmesser auch hochgenau scannen zu können, das geeignete Messgerät für diese Anwendung darstellt. Mehrere Standpunkte des Laserscanners waren hierfür notwendig.



Reichweite für natürliche Ziele, $\rho \geq 80\%$ für natürliche Ziele, $\rho \geq 10\%$	bis 800m bis 250m
Minimale Messdistanz	2 Meter
Messgenauigkeit	typ. $\pm 10\text{mm}$ (Einzelmessung) typ. $\pm 5\text{mm}$ (gemittelt)
Messauflösung	5 mm
Messrate	bis 12000 Punkte pro Sek. bei niedriger Scanrate (oszillierender Spiegel) bis 8000 Punkte pro Sek. bei hoher Scanrate (rotierender Spiegel)
Wellenlänge des Lasers	nahes Infrarot
Strahldivergenz	0.25 mrad (entspricht einer Abtastfleckgröße (Footprint) von 2.5mm des Signals in 10m Entfernung)

Abbildung 1. Technische Spezifikationen des LMS-Z420i, Riegl 2005

2.2. Datenaufnahme

Nach der Referenzmessung vor Baubeginn der Schlitzsperre wurden danach in regelmäßigen Abständen Vermessungen des Projektgebiets durchgeführt. Die aufgenommenen Daten wurden dann hinsichtlich der Geschiebebilanz ausgewertet. Zusätzlich wurden mittels der kalibrierten sowie montierten digitalen Kamera des Laserscanners Fotodokumentationen des Projektgebietes durchgeführt.

Das Testgebiet wurde bereits bei der ersten Messung 2008 festgelegt. Hierbei handelt es sich um die Bereiche oberhalb und unterhalb der alten Sperre (nun ist die neue Sperre errichtet) sowie um die Bereiche oberhalb der Straßenbrücke. Zusätzlich wurden Aufnahmen im Bereich zwischen alter Sperre und Straßenbrücke vorgenommen, sowie das Gebiet um den Bereich bis fast zur Mündung in die Drau erweitert. Die Messungen fanden am 27. und 28.10.2008, am 16. und 17.11.2009, am 13. und 14.04.2010, am 25. und 26.11.2010 und am 31.05 und 01.06.2011 statt.

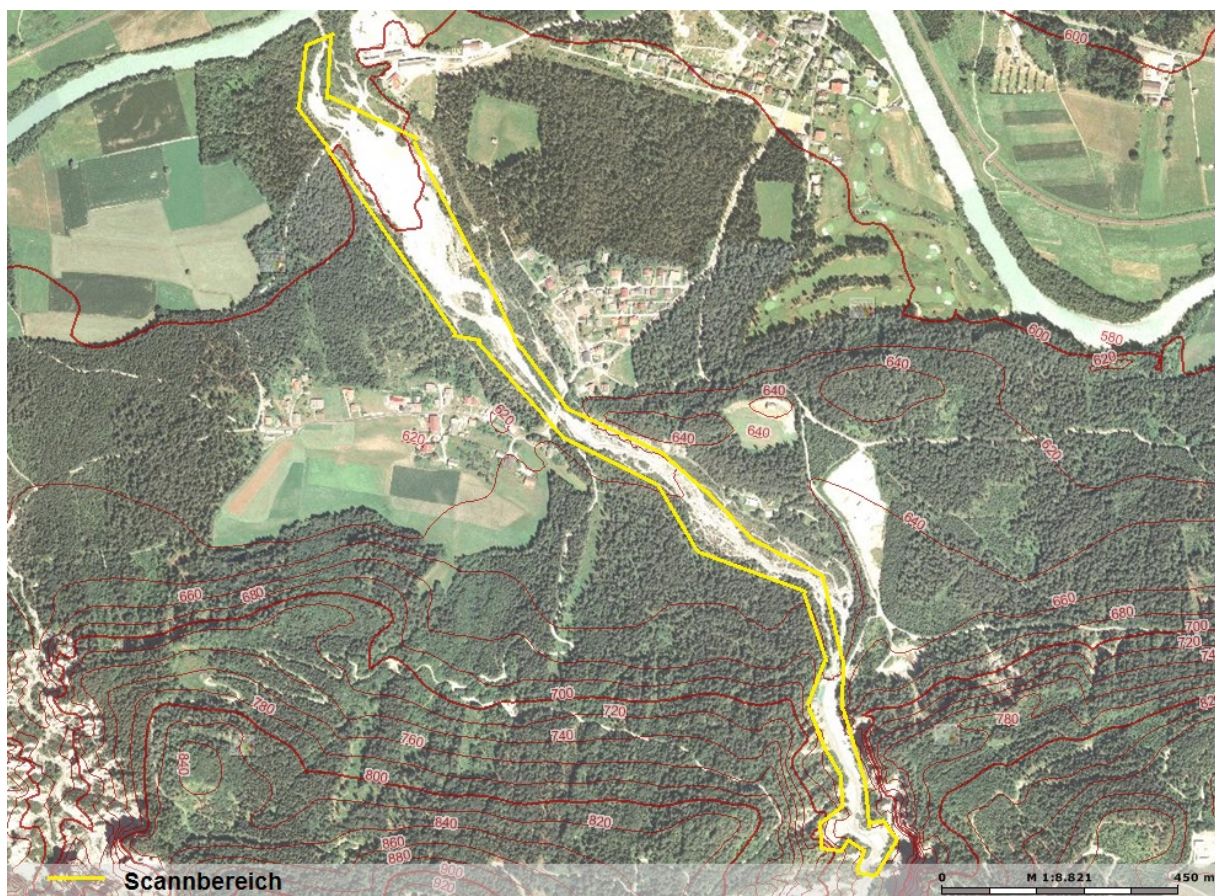


Abbildung 2. Der gesamte Scannbereich des Projektgebiet

2.3. Datenbearbeitung

Die Rohdaten des Laserscanners liegen grundsätzlich als Punktwolke im x,y,z-Format vor. Diese kann man zusätzlich mit Farbinformationen der kalibrierten Digitalfotos einfärben.



Abbildung 3. Punktwolken der neuen Sperre in der Laserscann-Aufnahme vom 16.11.2009 (links), im Vergleich dazu die alte Sperre 2008 (rechts).

Um die Daten der terrestrischen Laserscans mit den Aufnahmen aus 2008 vergleichen zu können mussten die einzelnen Scannerpositionen global mittels differentiellen GPS registriert werden. Hierfür wurden Ziel - Reflektoren mittels GPS eingemessen.

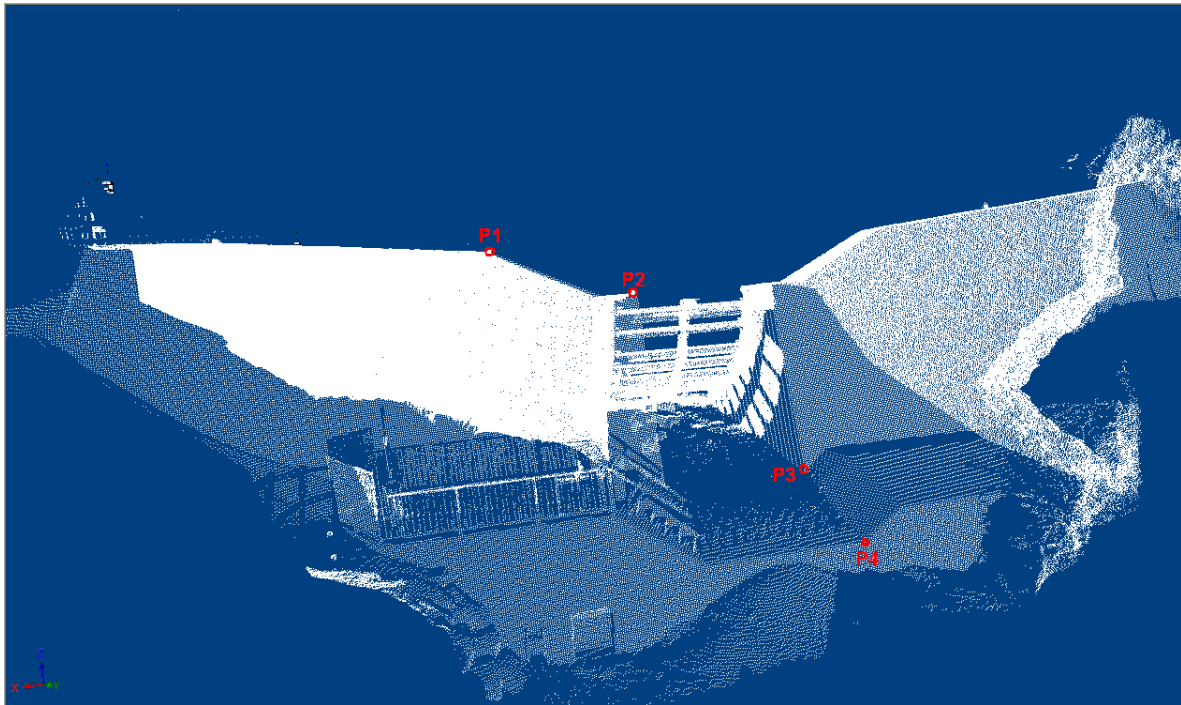


Abbildung 4. Globale Koordinaten mittels GPS eingemessen an der neue Sperre in der Laserscann-Aufnahme vom 12.04.2010.

Die Daten wurden in weiterer Folge gefiltert um sie für den Vergleich der einzelnen Scanaufnahmen aufzubereiten. Dabei werden manuell Nicht-Bodenpunkte (Bäume, Sträucher, etc.), anhand von Erfahrungswerten aussortiert, somit bleiben lediglich Bodenpunkte für die Analyse der Geschiebeumlagerungen bestehen.

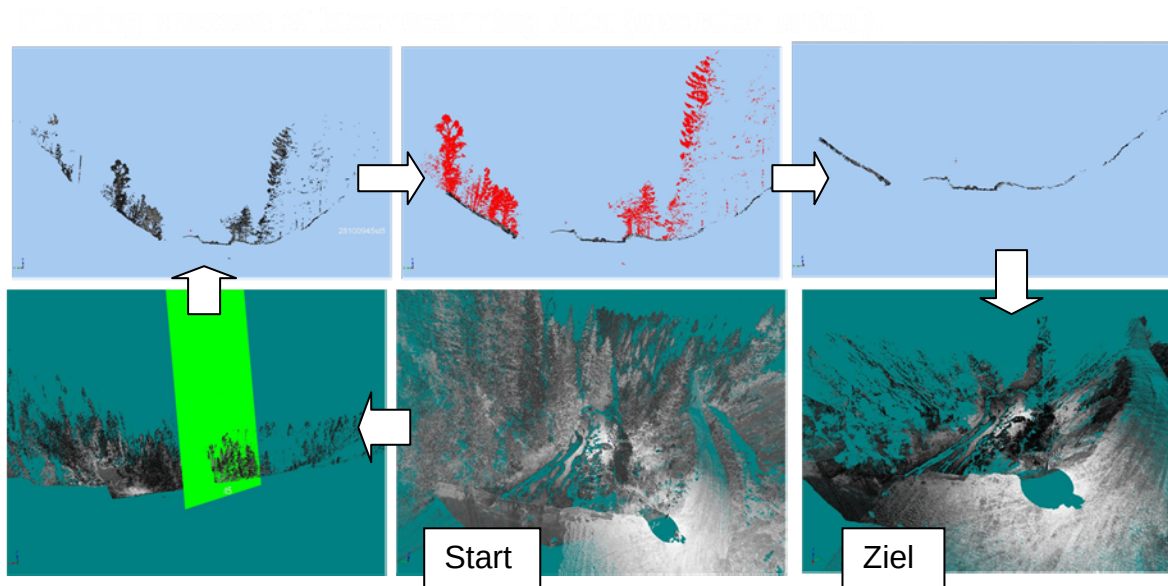


Abbildung 5. Filterung von Laserscandaten (manuell)

Die gefilterten Laserscandaten wurden dann in ArcGIS importiert und mittels des Interpolationsverfahrens „Natural Neighbor“ zu Oberflächen mit einer Auflösung der Gridzellen von 0,5 m x 0,5 m generiert. Danach wurde die Differenz zwischen zwei Oberflächen, die von Scans von zeitlich unterschiedlichen Aufnahmen bestehen, errechnet. Einerseits wurden flächige Geschiebebilanzkarten erstellt, die den Höhenunterschied zwischen zwei unterschiedlichen Scanaufnahmen darstellen, und andererseits wurden die Volumina zwischen den Oberflächen berechnet um Aussagen über die Menge an umgelagertem Geschiebe tätigen zu können.

2.4. Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit des Laserscanners wird mit 10 mm im technischen Datenblatt angegeben, dies entspricht aber lediglich der reinen Distanzmessung von Scanner zur gemessenen Oberfläche. Möchte man die Geschiebebilanz berechnen muss man noch die Fehler der Registrierung der Scans zueinander, den atmosphärischen Fehler sowie Fehler aus Filterung und Interpolation der Punktwolke berücksichtigen. Zusammen ergibt das einen möglichen Höhenfehler von ± 15 cm. Dieser Wert stellt die maximalen flächigen Abweichungen dar, nicht gefilterte Einzelpunkte (etwa von hoher Vegetation) können diesen Wert um ein deutliches überschreiten, spielen aber im Ergebnis der Geschiebebilanz keine Rolle, da sie auf Einzelzellen beschränkt sind. Legt man nun den maximalen Höhenfehler auf die Fläche um ergibt das einen Fehler von $\pm 150 \text{ m}^3$ pro 1000 m^2 . Der durchschnittliche Fehler der Messung wird aber bedeutend geringer sein.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Laserscanmessungen vom oberen Teil des Feistritzbaches bis zur Mündung in die Drau beschrieben:

3.1. Scanabschnitt 1 (oberhalb d. neu gebauten Sperre):

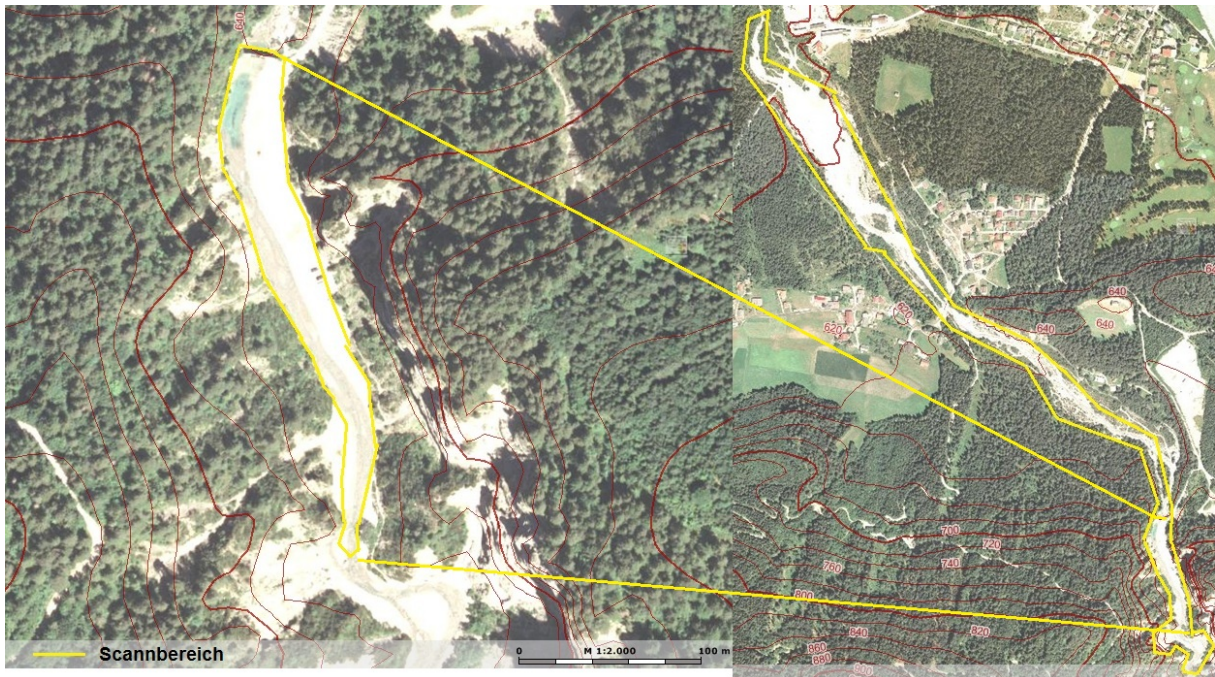


Abbildung 6. Scanbereich oberhalb der neu gebauten Sperre





Abbildung 7. Panoramabilder des Scanbereiches aus unterschiedlichen Perspektiven
(bläulich 2011, normal gefärbt 2008)

In diesem Bereich konnten folgende Veränderungen bei der Geschiebebilanz in den verschiedenen Zeitabschnitten gemessen werden:

Geschiebebilanz:		
Zeitraum	Volumen (m ³)	Fläche (m ²)
27.10.2008-31.05.2011	-27356	9495

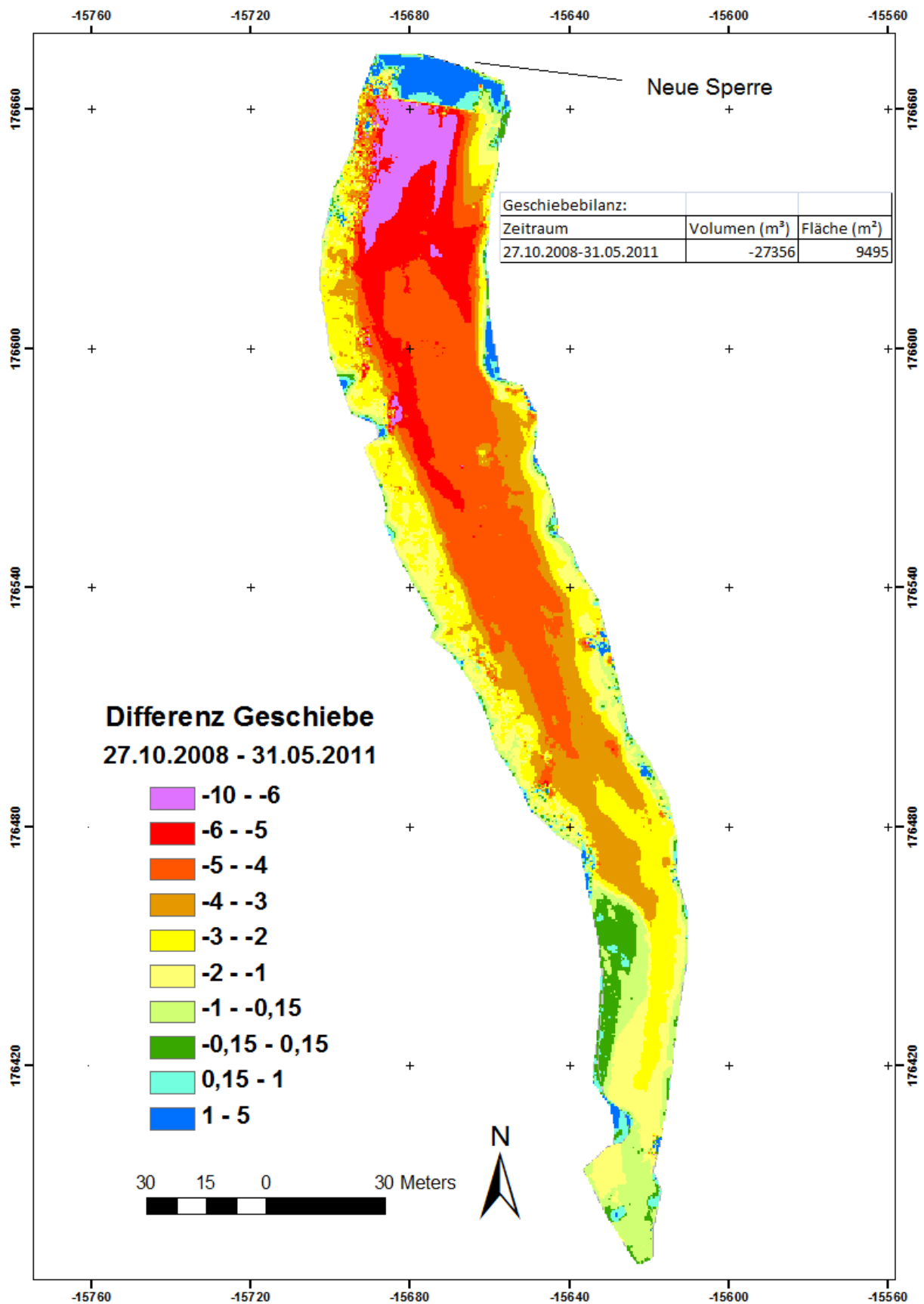


Abbildung 8. Geschiebebilanzkarte 27.10.2008 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

In den einzelnen zeitlichen Abschnitten der Überwachungsperioden konnten folgende Ergebnisse gemessen werden (Die Differenz des Gesamtgeschiebeverlustes ergibt sich durch die unterschiedliche Berechnungsfläche, die durch die einzelnen Scanpositionen gegeben ist, sowie durch die Ungenauigkeiten in der Scanregistrierung und dem Interpolationsverfahren)

Geschiebebilanz:		
Zeitraum	Volumen (m ³)	Fläche (m ²)
27.10.2008-16.11.2009	-2683	7000
16.11.2009-13.04.2010	-8296	7860
13.04.2010-25.11.2010	-9199	7860
25.11.2010-31.05.2011	-3316	7860
Gesamt	-23494	

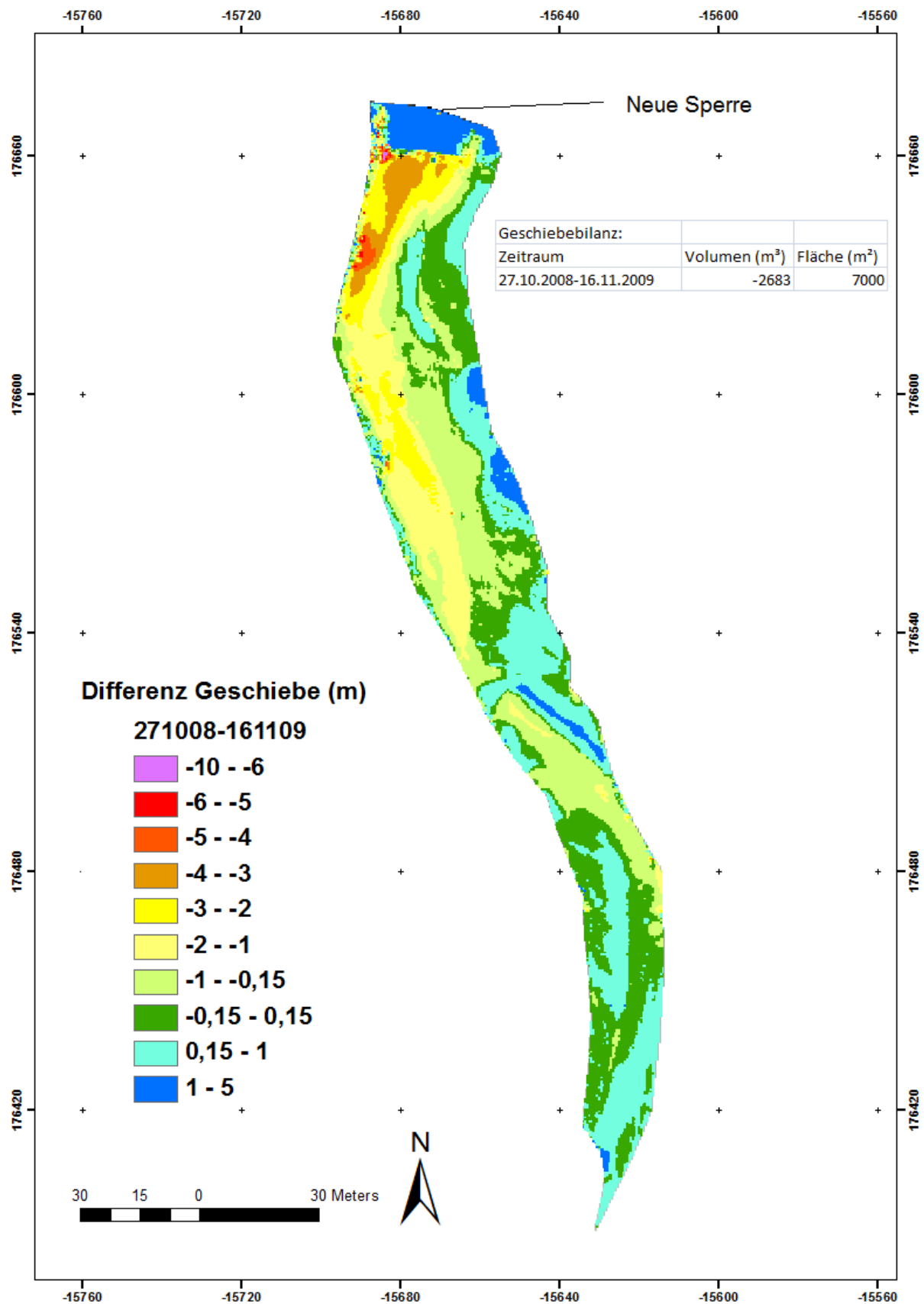


Abbildung 9. Geschiebebilanzkarte 27.10.2008 – 16.11.2009 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

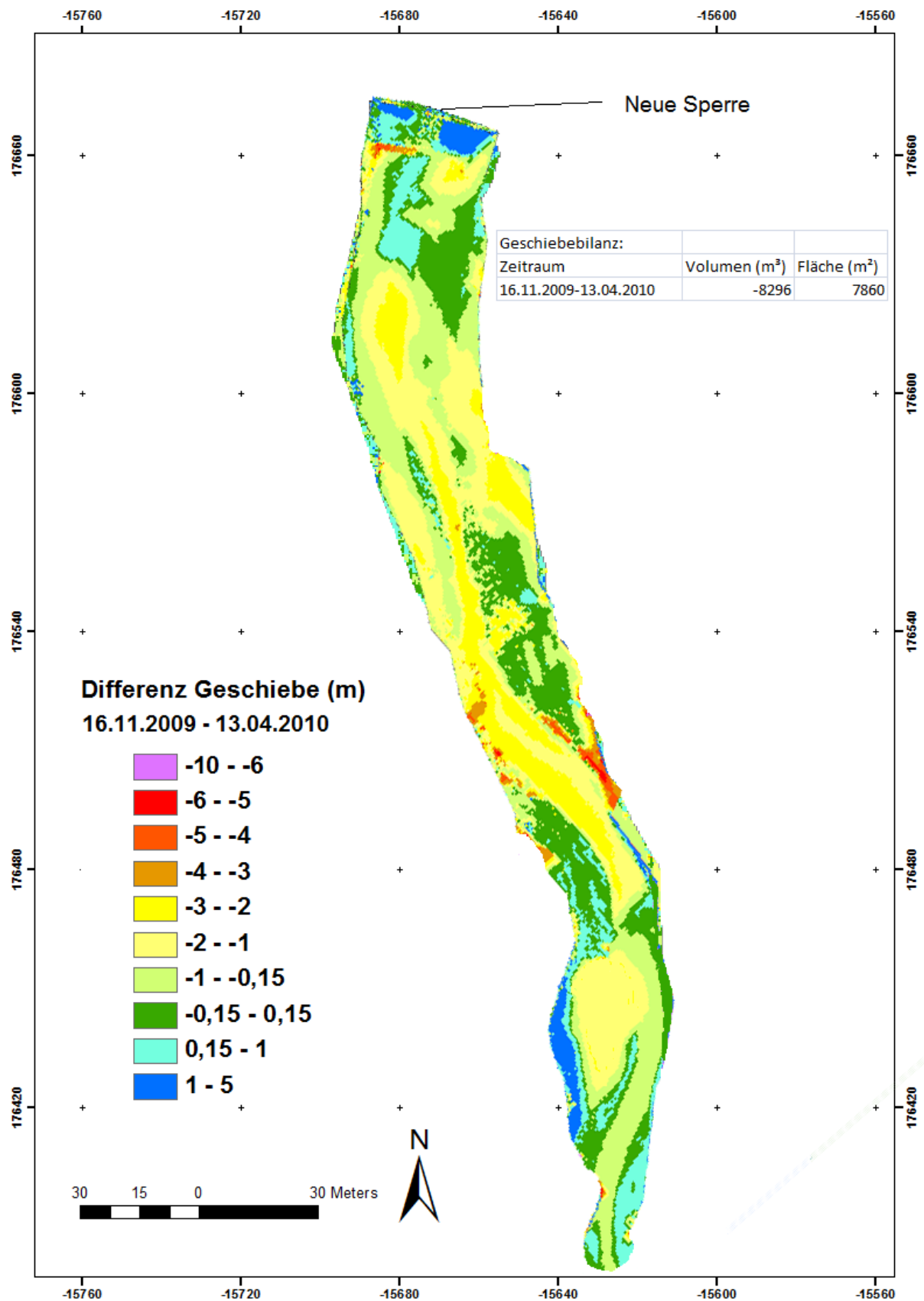


Abbildung 10. Geschiebebilanzkarte 16.11.2009 – 13.04.2010 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

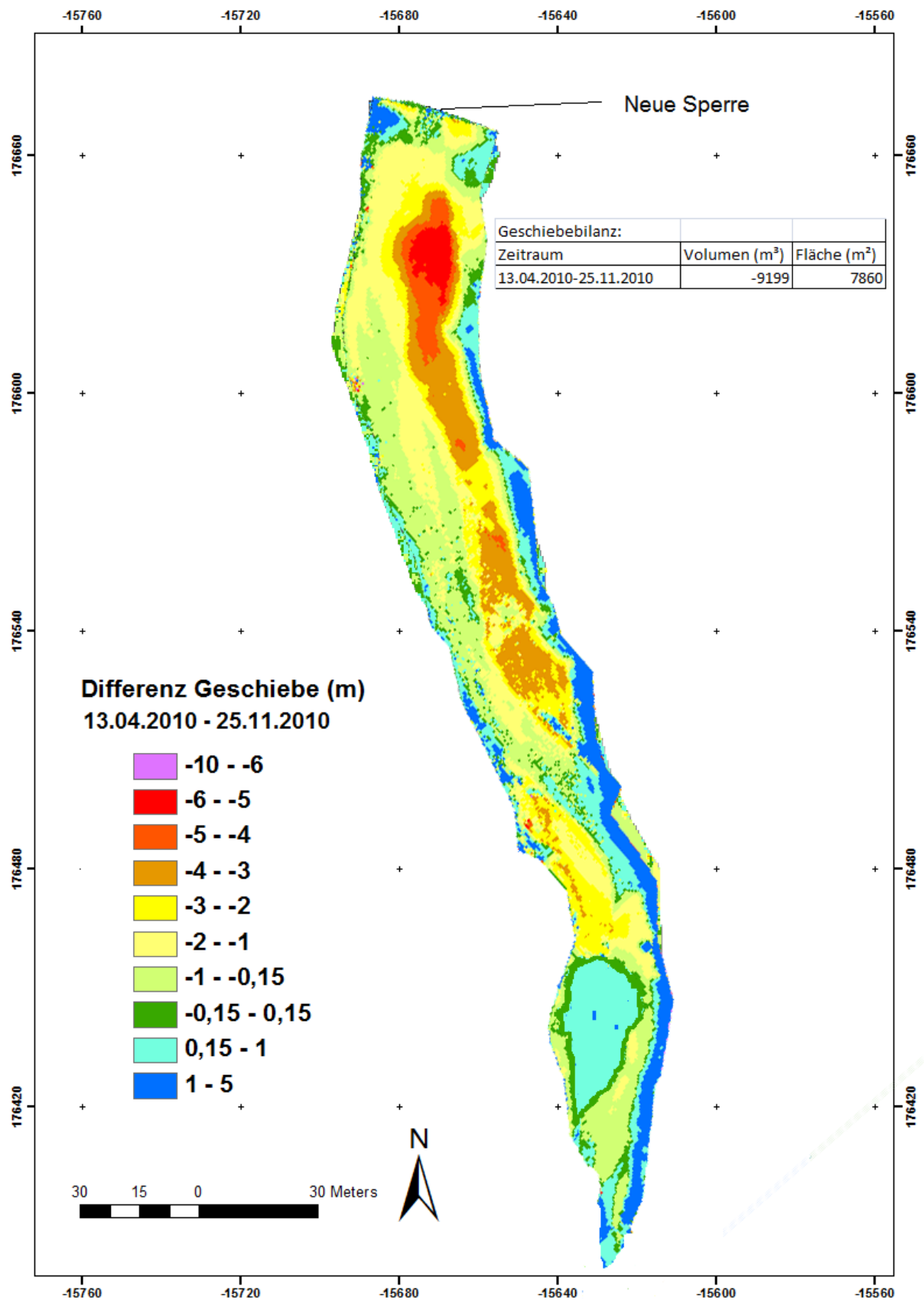


Abbildung 11. Geschiebebilanzkarte 13.04.2010 – 25.11.2010 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

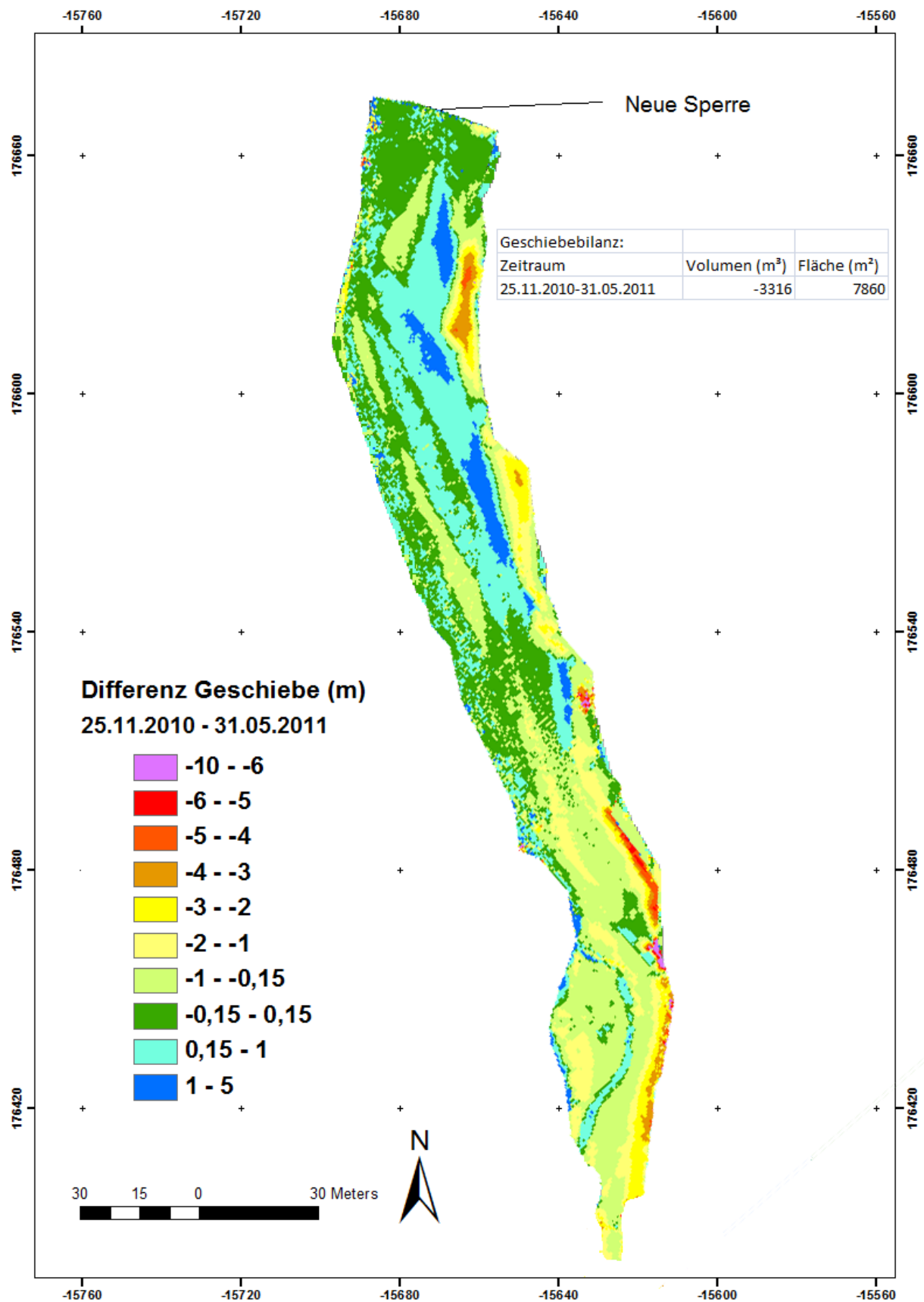


Abbildung 12. Geschiebebilanzkarte 25.11.2010 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

3.2. Scanabschnitt 2 (Oberster Scanbereich)

Die Geschiebebilanz wird für den obersten Bereich in einer kleineren Scala dargestellt, da hier nicht sehr große Umlagerungen stattfanden.

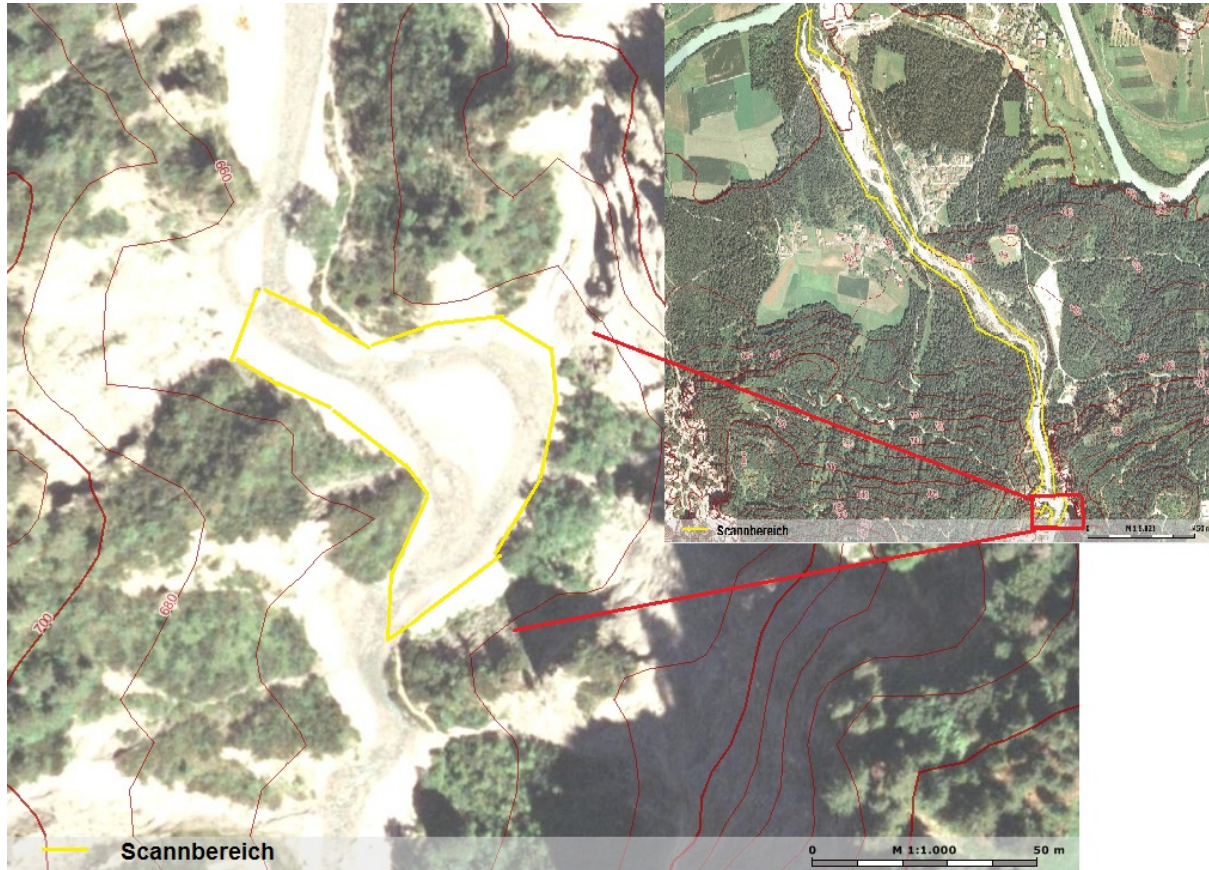


Abbildung 13. Scanabschnitt des obersten gemessenen Bereiches des Feistritzbach



Abbildung 14. Panoramabild des obersten Scanabschnitts

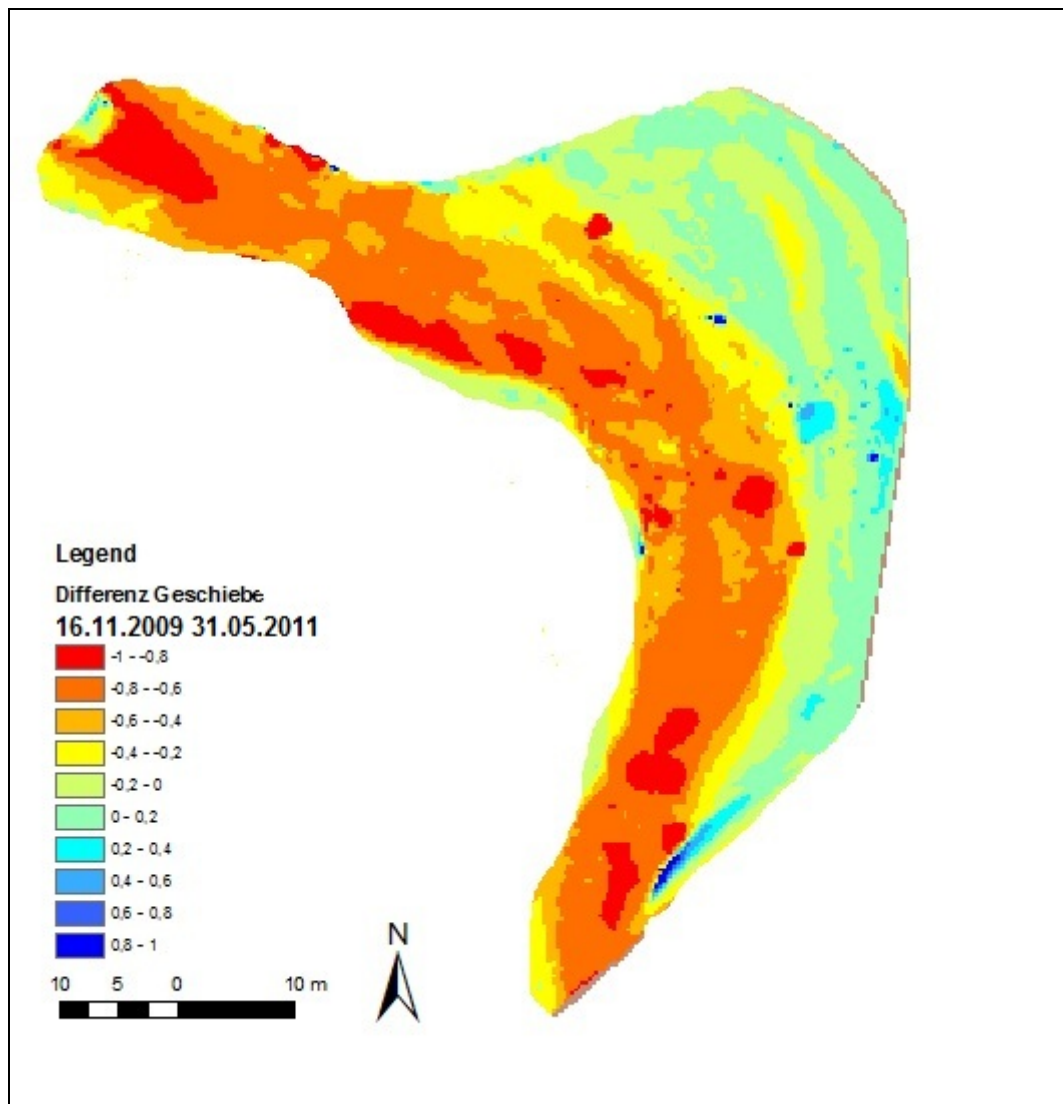


Abbildung 15. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

Die Berechnung der Geschiebebilanz zwischen 16.11.2009 und 30.05.2011 ergab, dass auf einer Fläche von 1987 m² ein Verlust von 944 m³ Geschiebematerial zu verzeichnen war. In diesem Zeitraum gab es auch die größten Veränderungen der Geschiebeablagerungen. Zwischen 27.10.2008 und 16.11.2009, also vor Bau der neuen Sperre, hat die Eintiefung des Gerinnes bereits begonnen (siehe Abbildung 16, zwischen 26.11.2010 und 30.05.2011 gab es kaum mehr Veränderungen.

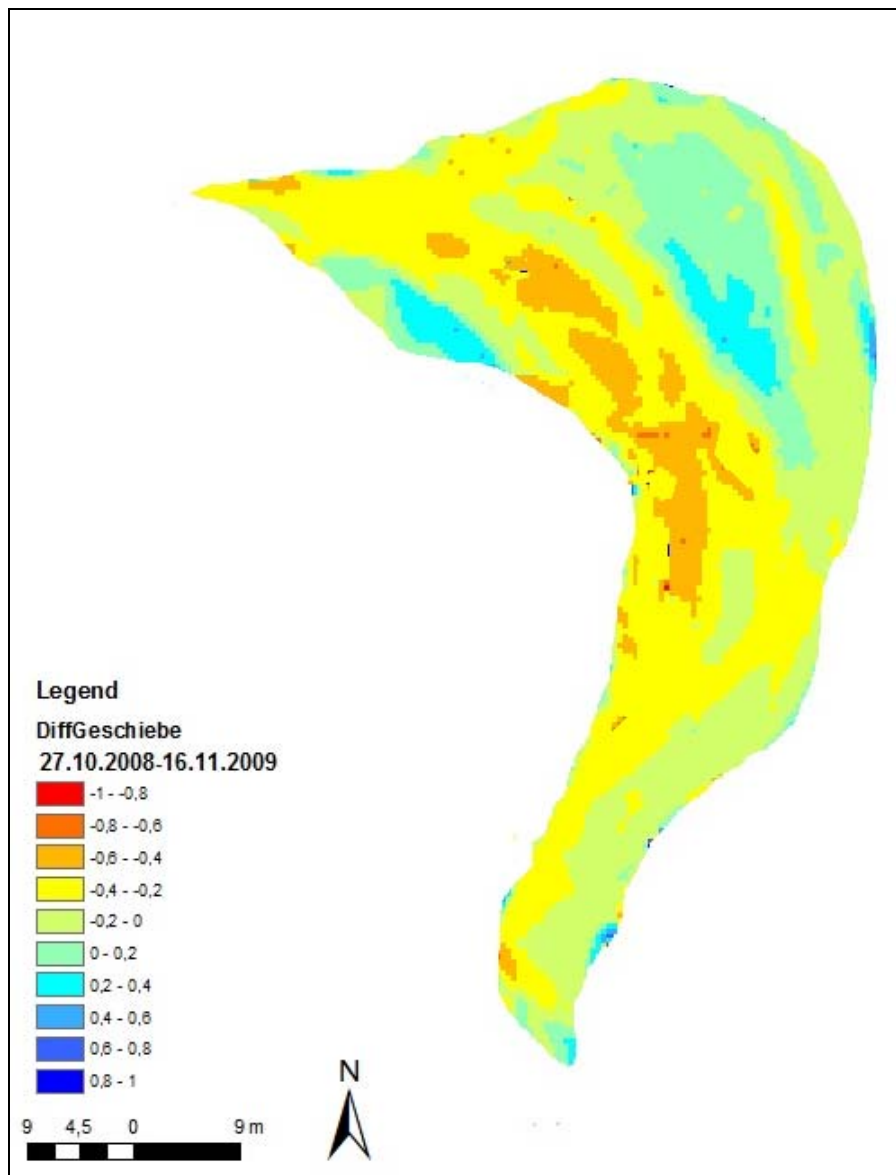


Abbildung 16. Geschiebebilanzkarte (m) 27.10.2008 – 16.11.2009 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre

Somit kann festgestellt werden, dass Frage 1 (Wie viel Geschiebe wurde oberhalb der neuen Sperre erodiert?) beantwortet wird: Es wurde im Zeitraum vom Bau der neuen Schlitzsperre 2009 bis zum Ende der Monitoringperiode Ende Mai 2011 ein Abtrag von insgesamt ca. 28000 m³ Geschiebe im gesamten gemessenen Bereich oberhalb der Sperre gemessen.

3.3. Scanabschnitt 3 (Bereich unterhalb der Sperre)

Im nahen Bereich unterhalb der Sperre konnten keine nennenswerten Unterschiede in der Geschiebebilanz zwischen der Messung 2008 und 2011 festgestellt werden, interessant sind die Daten aber trotzdem. Im folgenden Scanabschnitt kann gut dokumentiert werden, wie das Geschiebe, dass 2008 oberhalb der Sperre wegerodiert wurde, sich 2009 ablagert, jedoch bis 2011 wieder vollständig verschwunden ist, also in untere Abschnitte des Feistritzbaches oder in die Drau verlagert wurde.

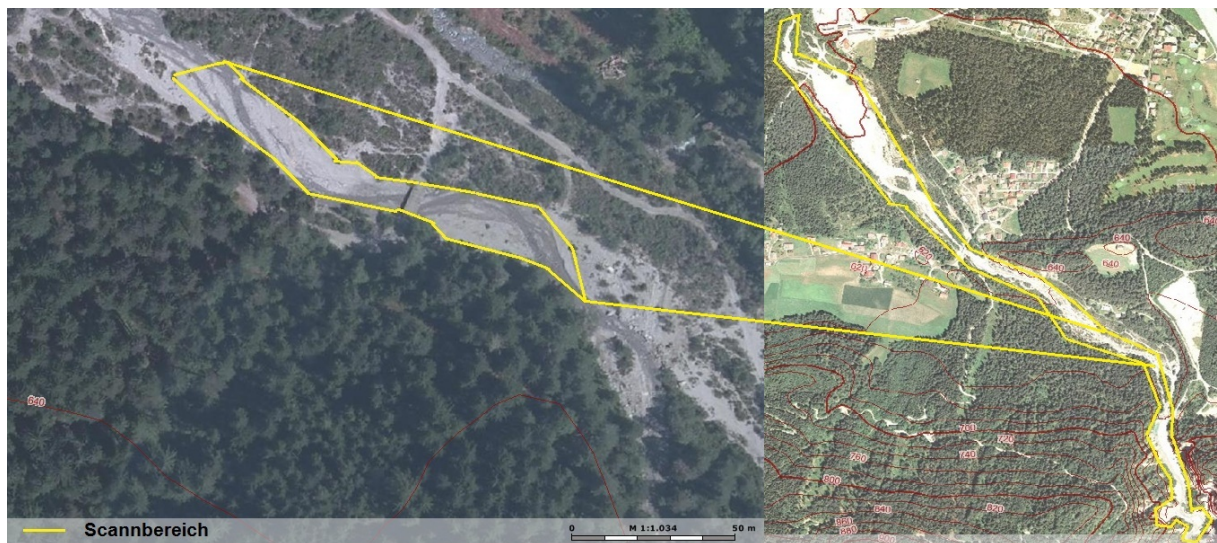


Abbildung 17. Scanabschnitt 3



Abbildung 18. Panoramabild des Scanabschnitts 3

In diesem Bereich gab es zwischen 2008 und 2009 Ablagerungen von 1200 m^3 (das entspricht fast der Hälfte des in diesem Zeitraums oberhalb der Sperre erodierten Materials) die bis 2011 fast zur Gänze wieder abgetragen waren, somit ist auch nachfolgendes Geschiebe nach 2009 über diesen Bereich hinaus transportiert worden.

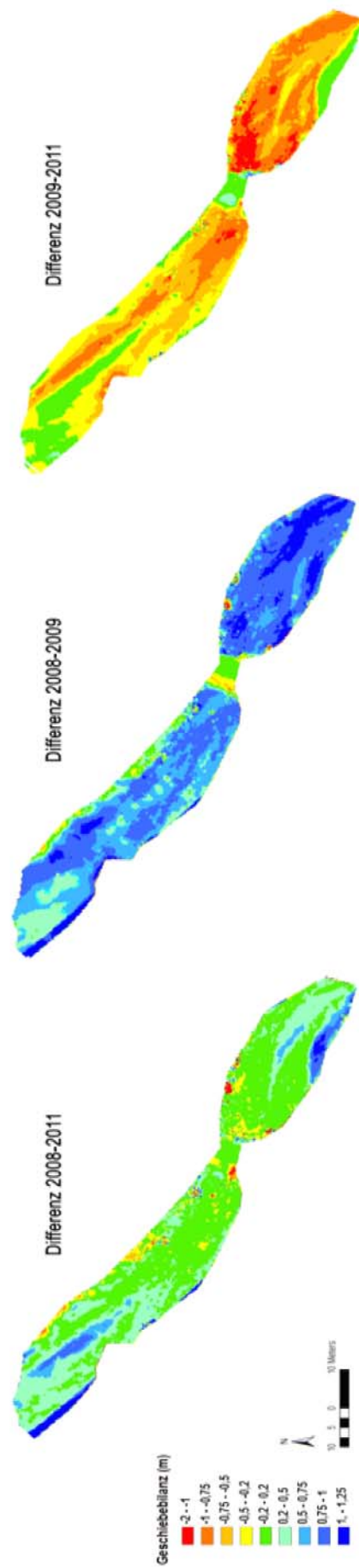


Abbildung 19. Geschiebebilanzkarten verschiedener Zeitabschnitten des Scanbereichs unterhalb der Sperre

3.4. Scanabschnitt 4 (zwischen: unterhalb der Sperre und oberhalb der Straßenbrücke in Feistritz)

Ablagerungsflächen:

Im folgenden konnten Flächen identifiziert werden, die ,nimmt man die letzte getätigte Messung 2011 als Referenz, gegenüber dem Ursprungszustand 2008/09 noch Ablagerungen enthalten, hier ist somit das Geschiebe bis dato noch nicht bis zur Drau transportiert worden.

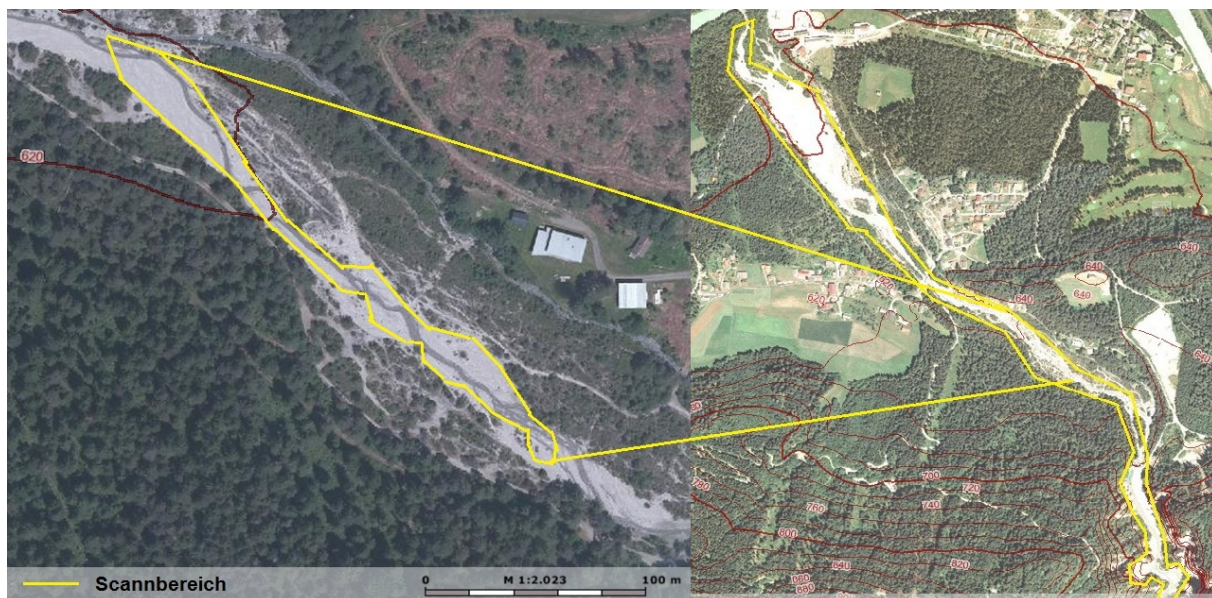


Abbildung 20. Scanabschnitt 4

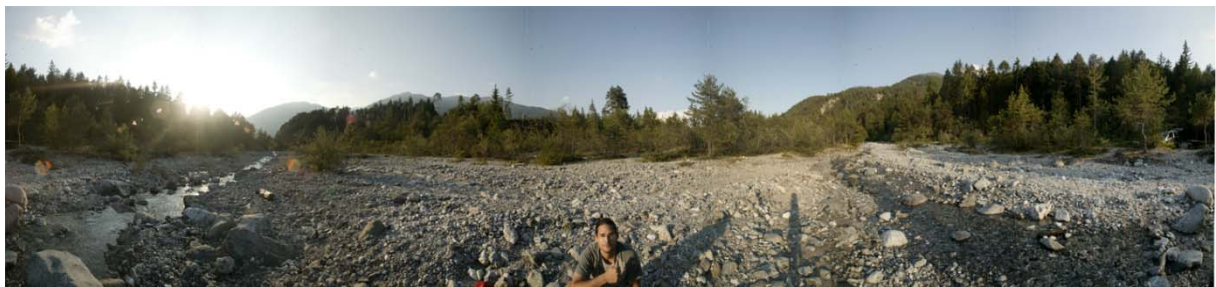


Abbildung 21. Panoramabild des Scanabschnitts 4

Wie der folgenden Geschiebebilanzkarte zu entnehmen ist sind zwischen 2009 und 2011 etwa 1667 m³ Geschiebe vor allem im untersten Bereich (größeres Becken und Kurve vor der Straßenbrücke in Feistritz) des 4520 m² großen Scangebiets abgelagert worden.

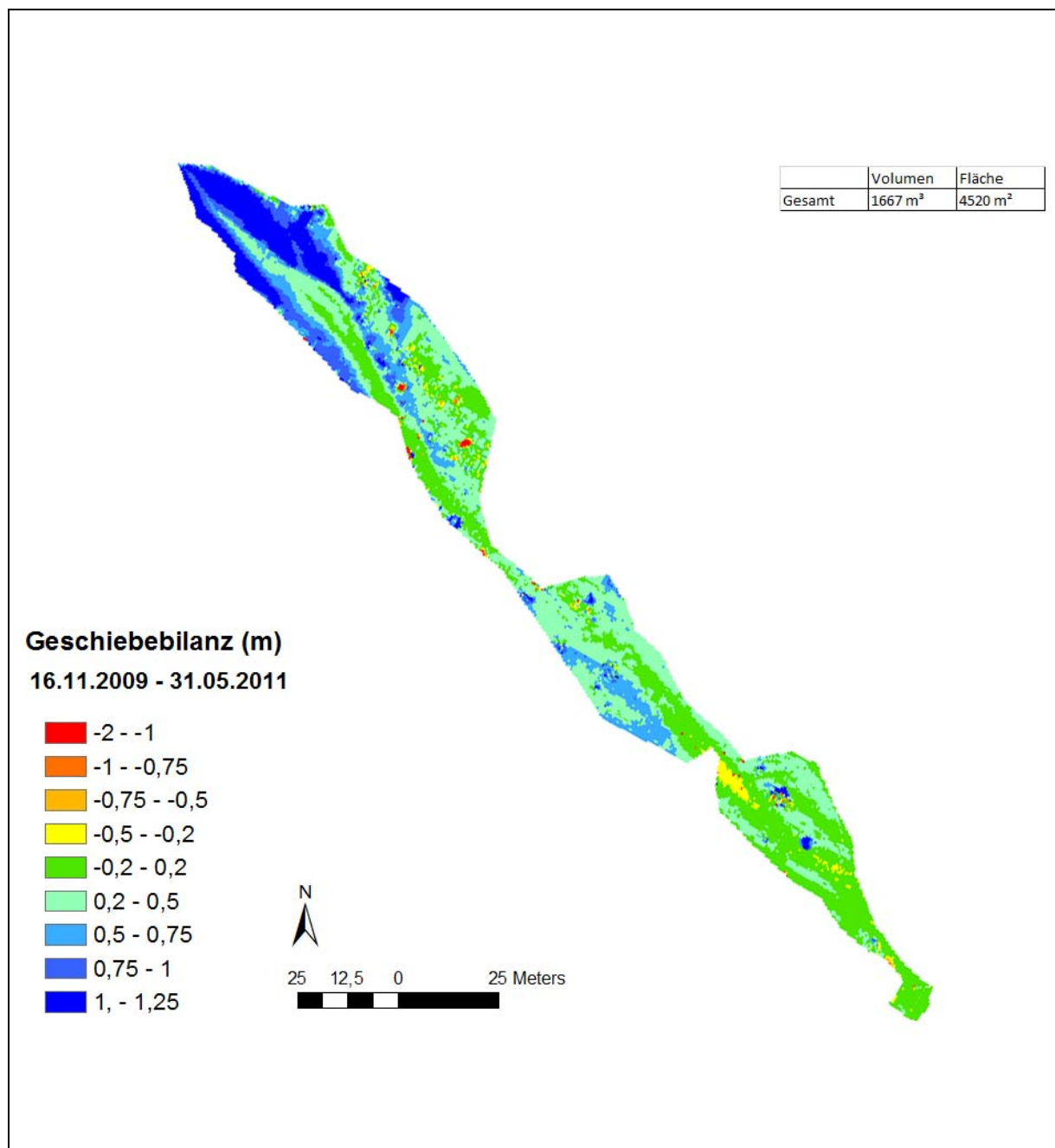


Abbildung 22. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 4

3.5. Scanabschnitt 5 (rund um den Bereich der Straßenbrücke in Feistritz)

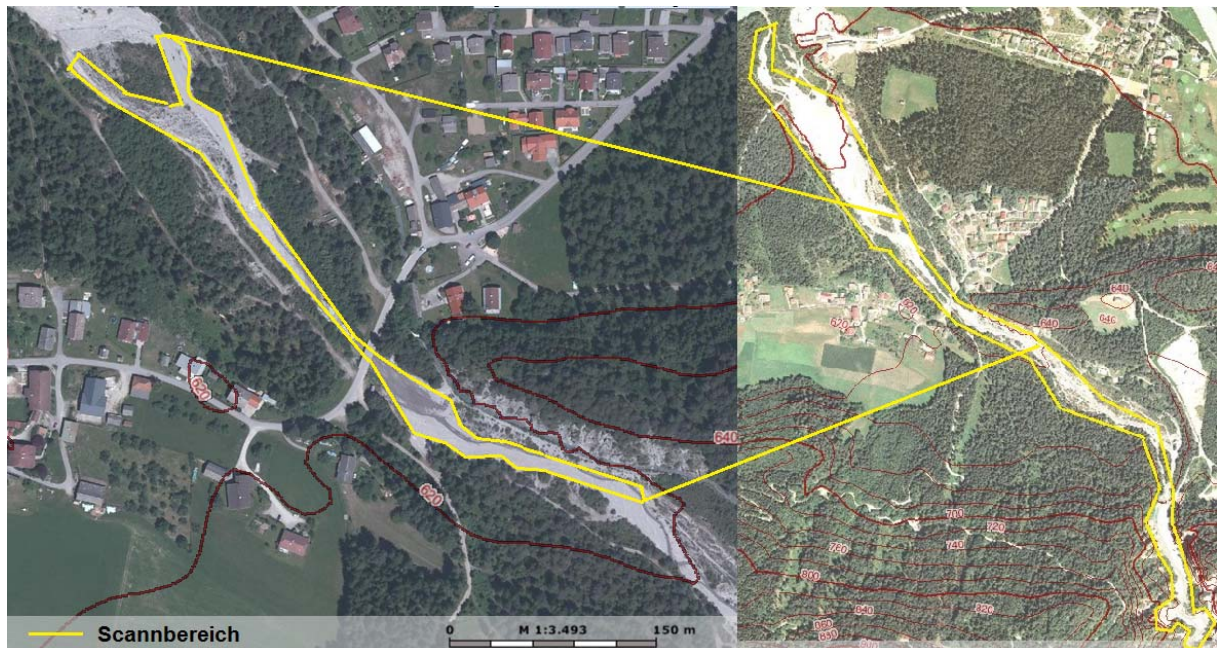


Abbildung 23. Scanabschnitt 5



Abbildung 24. Panoramabild des Scanabschnitts 5

In diesem Scanabschnitt von 7845 m² Größe konnten wie der folgenden Geschiebebilanzkarte zu entnehmen ist Ablagerungen von etwa 1621 m³ gemessen werden. Diese befinden sich wieder hauptsächlich im Bereich oberhalb der Straßenbrücke in Feistritz gleich anschließend an die Ablagerungen des vorigen Scanabschnitts 4. Unterhalb der Straßenbrücke im verengten Bereich des Baches sind keine nennenswerten Ablagerungs- oder Erosionsgebiete festzustellen.

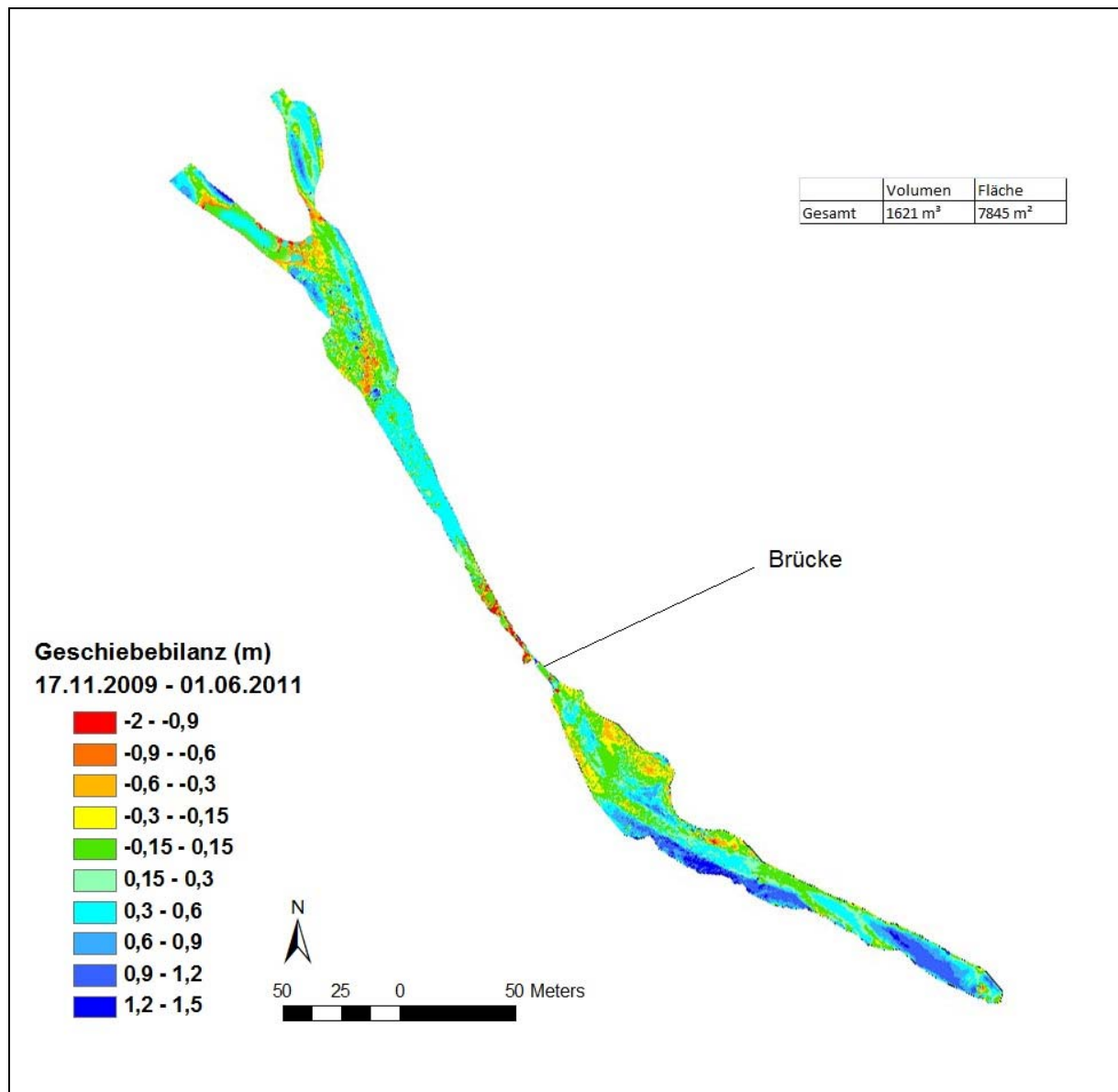


Abbildung 25. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 5

3.6. Scanabschnitt 6 (Becken im untersten gemessenen Bereich des Feistritzbach)

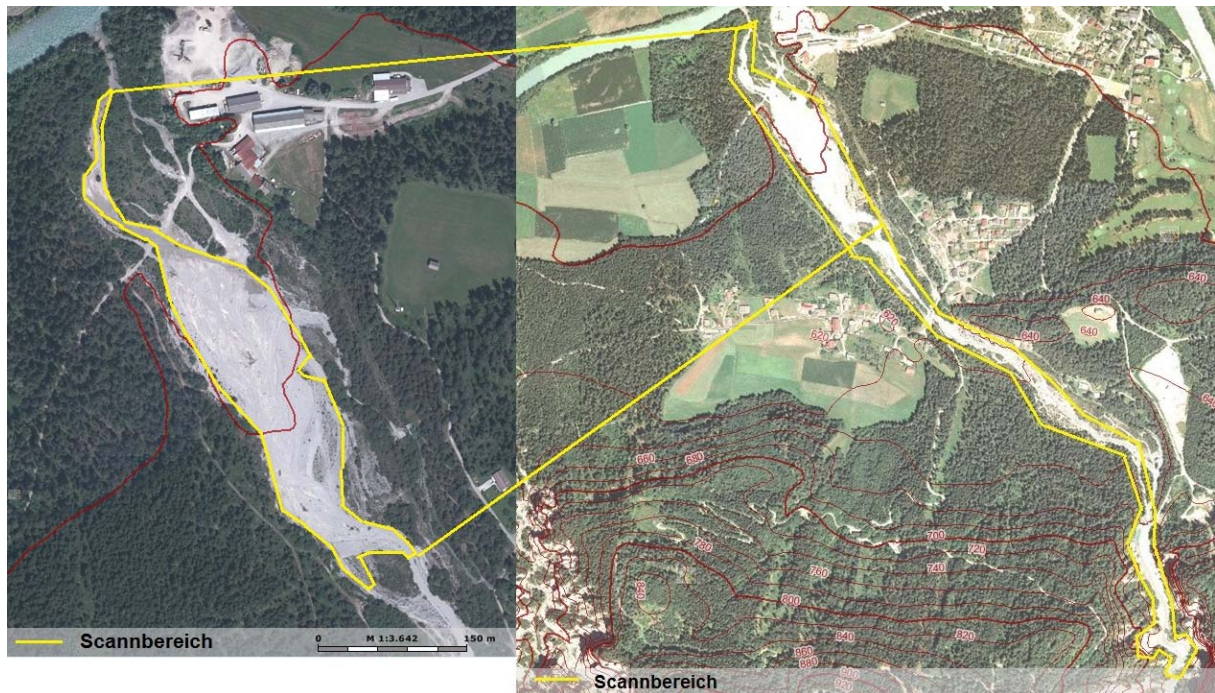


Abbildung 26. Scanabschnitt 6



Abbildung 27. Panoramabild des Scanabschnitts 6

Nun im untersten Scanabschnitt im großen Becken dem Schwemmkegel mit einer Größe von 29539 m² sind wie der folgenden Geschiebebilanzkarte zu entnehmen ist die größten Geschiebeablagerungen gemessen worden. Im Zeitabschnitt von 16.11.2009 bis 01.06.2011 sind 8568 m³ Geschiebe abgelagert worden. Dabei befinden sich die Ablagerungen hauptsächlich im oberen Teil des Beckens wo sich die Fließstrecke des Baches flächig ausweitet. Hingegen im unteren Bereich kurz vor der Mündung in die Drau, hier verschmälert sich die Fließstrecke wieder, sind leichte Erosionen festzustellen.

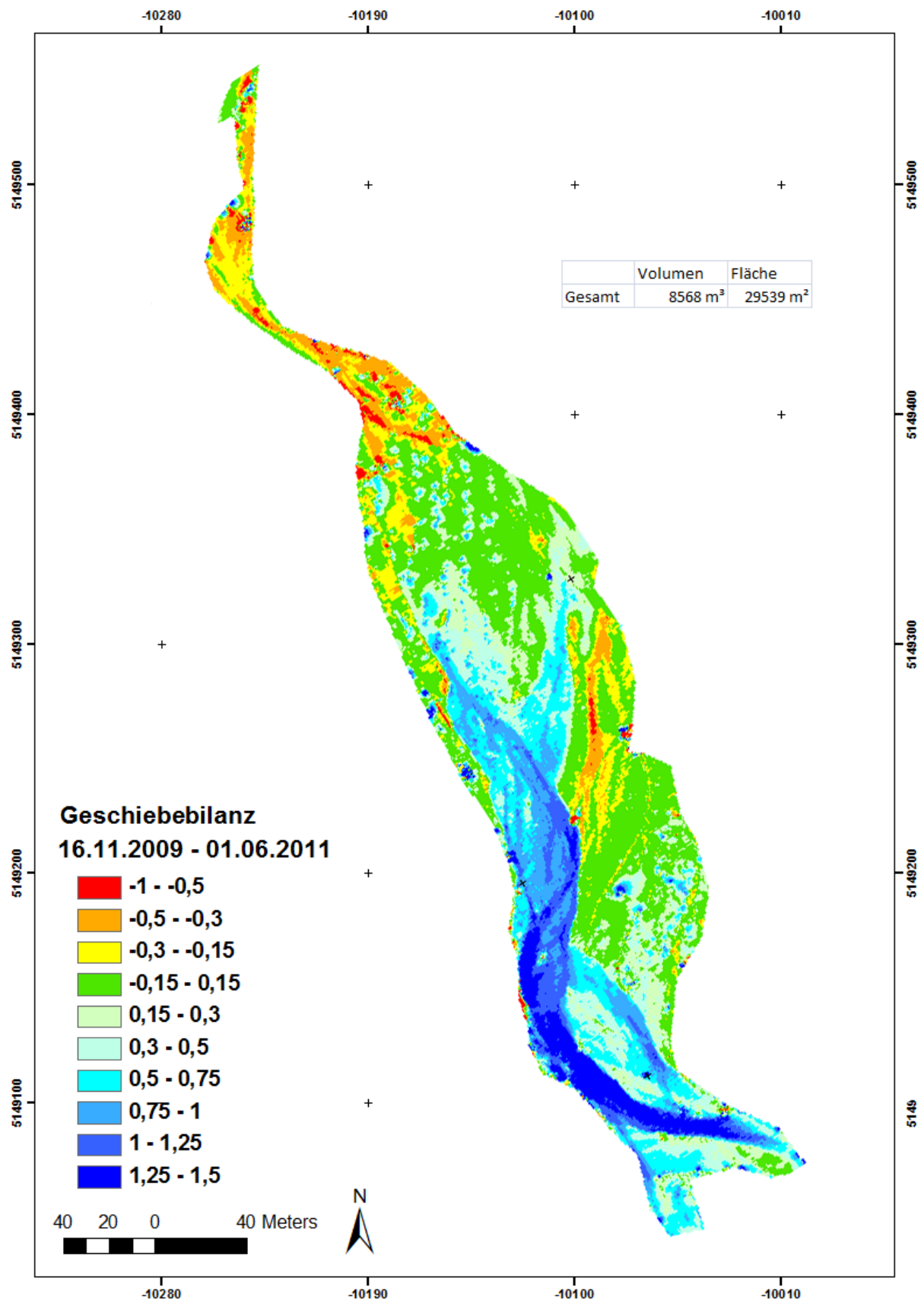


Abbildung 28. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 6
(Becken des Schwemmkegels oberhalb der Mündung in die Drau)

Addiert man nun sämtlich in den 3 Scanabschnitten festgestellten Geschiebeablagerungsmengen kommt man auf ein Gesamtvolumen von 11856 m³. Somit kann die Frage 2 der Zielsetzungen „Wie viel Geschiebe wurde am Schwemmkegel abgelagert?“ beantwortet werden. Es liegen gerundet 12000 m³ Geschiebe noch im Bereich unterhalb der Sperre und vor der Mündung des Feistritzbaches in die Drau. Folglich kann nun auch Frage 3 „Wie viele m³ an Geschiebe sind in die Drau transportiert worden?“ beantworten. Ist Geschiebe nicht auf unnatürliche Weise dem Bachbett entnommen worden oder wurde Geschiebe nicht außerhalb des Scanbereiches abgelagert sind 16000 m³ Geschiebe der Drau zugeführt worden.

4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich das terrestrische Laserscannen als ausgezeichnete Methode zur Messung der Geschiebebilanz erwiesen hat. Die äußerst flexible und kostengünstige Methode konnte Veränderungen der Oberfläche im Monitoringgebiet in hoher Auflösung messen, dabei ergibt die hohe Punkteanzahl bei großer Genauigkeit der Messung eine Kombination die von keinem anderen Messgerät derzeit bereitgestellt werden kann. Alle Fragestellungen konnten beantwortet werden, die Daten konnten flächig dargestellt und eine genaue Beschreibung des Erosions- und Ablagerungsverhalten des Feistritzbachs gezeigt werden. Zum ersten Mal konnte die Funktionsweise einer Schlitzsperre hochauflösend überprüft werden. Geschiebe wurde nach Bau der Schlitzsperre oberhalb erodiert und in den einzelnen Zeitabschnitten, wie von den Planern gewünscht, immer weiter nach oben fortschreitend abgebaut. Somit kann eindeutig festgestellt werden, dass die neue Schlitzsperre ihre angedachte Funktion bestens erfüllt. Im gesamten Zeitabschnitt vom Bau der Sperre 2009 bis zum Juni 2011 wurden rund 28000 m³ Geschiebe oberhalb der Sperre erodiert. Im weiteren Verlauf unterhalb der Sperre konnte die Laserscanvermessung Gebiete ausweisen, wo sich temporär Geschiebe abgelagert hat, dass während eines späteren Zeitabschnitts wieder an diesen Stellen zur Gänze weg transportiert wurde. Schließlich wurden Ablagerungsflächen identifiziert an denen noch zur letzten Messung Anfang Juni 2011 nennenswerte Geschiebeansammlungen vorzufinden waren. So befinden sich vor allem am Schwemmkegel im großen Becken vor der Mündung des Feistritzbachs in die Drau rund 12000 m³ Geschiebe. Demnach sind etwa 16000 m³ Geschiebe seit dem Bau der neuen Sperre der Drau zugeführt worden und das Vorhaben, dass im Rahmen des EU-Life-Projektes „Obere Drau“ zur Renaturierung der Drau definiert wurde, erfüllt worden. Da es sich bei Laserscanaufnahmen um an bestimmten Tagen aufgenommenen Bestandsaufnahmen handelt muss zu den Berechnungen zur Geschiebebilanz bemerkt werden, dass das Abtragen von Geschiebe durch Bauarbeiten oder andere unnatürliche Eingriffe oder der Eintrag von Geschiebe durch andere Prozesse wie etwa Rutschungen nicht gesondert behandelt werden kann. Die Berechnungen beziehen sich zudem auf das festgelegt

Scangebiet, Geschiebeumlagerungen außerhalb dieses Bereiches können naturgemäß ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

5. Anhang

Publikationen zu dieser Forschungsarbeit:

Die Filtermethode wurde auf der Europäischen Geowissenschaftskonferenz EGU vorgestellt:



The creation of a high resolution DEM in steep alpine terrain using terrestrial laser scanning, differential GPS and tachymetry to monitor bed load transport of torrents.

A. Prokop, F. Singer

Institute of Mountain Risk Engineering, Department of Civil Engineering and Natural Hazards, BOKU, Vienna, Austria



Introduction

Torrents present a serious hazard in alpine regions. The material incorporated in torrents is inherently complex, varying from clay sized particles to boulders of several meters in diameter. For geoscientists, it is important to predict possible triggering zones, deposition areas or run out lengths. Run out analysis is an especially important component for hazard assessment in alpine watersheds, which includes prediction of potential hazard areas and mapping the distribution of hazard intensity parameters such as thickness of the deposited material.

Test area:

(Map: Out of CH202)



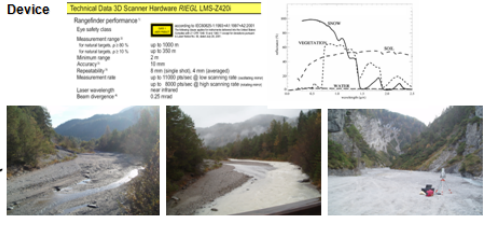
Methodology

In this study different remote sensing techniques have been applied to investigate the spatial distribution of deposited bed load that was transported by a torrent. Due to steep alpine topography and the methodology used, different terrestrial surveying approaches were necessary to create high resolution DEM's of the test area. Several monitoring activities before and after an event required global data registration using differential GPS. Tachymetry was used to connect areas without GPS reception to those measured using GPS. Terrestrial laser scanning provided dense 3D-data. The RIEGL LMS-Z420i was chosen as the scanning device due to its long range, high measurement accuracy and high scanning speed. The objectives of TLS survey of the torrent deposit were to determine the volume of the deposited mass as well as to detect zones of erosion and deposition by creating high resolution DEM's.

Device

Technical Data 3D Scanner Hardware RIEGL LMS-Z420i

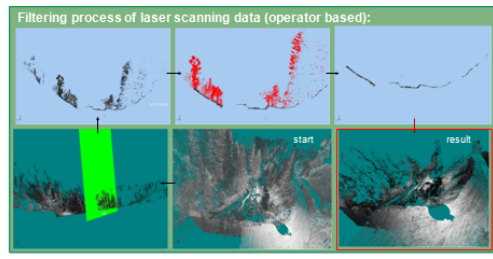
Range-finder performance	
For solid targets	up to 1000 m
Measurement range	up to 300 m
For solid targets (at 10%)	up to 200 m
Measurement range	up to 100 m
Accuracy	± 1 mm (range 0-100 m)
Resolution	± 1 mm (range 0-100 m)
Beam diameter	6 mm (range 0-100 m)
Beam divergence	0.25 mrad



Registration and Filtering Process

Since time passes between monitoring activities (6 months or more) and the shore line changes a global registration of scan data is necessary. Therefore GPS was used. As GPS reception in steep alpine terrain is not always available, registration targets were connected to each other using tachymetry. Due to the inhomogeneous terrain of the test area, automated filtering methods were applied because morphological filtering of scan data was not possible. Trials delivered unsatisfying results. Therefore a manual filtering method was applied. In the method used, the operator defines a plane perpendicular to the terrain relief. A piece 2 m wide is cut out of the scan data. Vegetation and other non surface points are marked and later sorted out (see figure below). This method is time consuming but the most reliable.

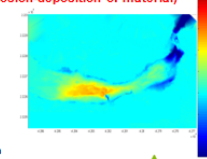
Filtering process of laser scanning data (operator based):



Conclusion

The presented methodology for monitoring torrent bed load transport provides a reliable basis for risk analysis of torrent events as well as the design of permanent protection measures, such as check dams. The terrestrial surveying methods represent a cost effective solution in comparison to airborne approaches. To achieve reliable results concerning the mass balance of material precise registration of the scan data with respect to the global coordinate system is required. Misalignment of scans with respect to each other would cause false interpretation of transport patterns. The variable and steep alpine terrain made an operator based filtering process of scan data necessary. Application of an automated filtering method was impossible.

Final result: Mass balance maps (erosion-deposition of material)



Acknowledgements

Torrent and Avalanche Control Austria – Section Carinthia
EU Life Project "Globe Dred"

RIEGL Laser Measurement Systems



Contacts

Prokop, Alexander, Institute of Mountain Risk Engineering, Department of Civil Engineering and Natural Hazards, BOKU – University, Vienna, Austria.
alexander.prokop@technik.ac.at / Fax: +43 1 47654 4330 / Phone: +43 1 47654 4357

Poster EGU 2009

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Technische Spezifikationen des LMS-Z420i, Riegl 2005.....	5
Abbildung 2. Der gesamte Scannbereich des Projektgebiet.....	6
Abbildung 3. Punktwolken der neuen Sperre in der Laserscann-Aufnahme vom 16.11.2009 (links), im Vergleich dazu die alte Sperre 2008 (rechts).	7
Abbildung 4. Globale Koordinaten mittels GPS eingemessen an der neue Sperre in der Laserscann-Aufnahme vom 12.04.2010.....	8
Abbildung 5. Filterung von Laserscandaten (manuell).....	8
Abbildung 6. Scanbereich oberhalb der neu gebauten Sperre	10
Abbildung 7. Panoramabilder des Scanbereiches aus unterschiedlichen Perspektiven (bläulich 2011, normal gefärbt 2008)	11
Abbildung 8. Geschiebebilanzkarte 27.10.2008 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre.....	12
Abbildung 9. Geschiebebilanzkarte 27.10.2008 – 16.11.2009 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre.....	14
Abbildung 10. Geschiebebilanzkarte 16.11.2009 – 13.04.2010 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre.....	15
Abbildung 11. Geschiebebilanzkarte 13.04.2010 – 25.11.2010 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre.....	16
Abbildung 12. Geschiebebilanzkarte 25.11.2010 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre.....	17
Abbildung 13. Scanabschnitt des obersten gemessenen Bereiches des Feistritzbach	18
Abbildung 14. Panoramabild des obersten Scanabschnitts.....	18
Abbildung 15. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre	19
Abbildung 16. Geschiebebilanzkarte (m) 27.10.2008 – 16.11.2009 des Scanabschnitts oberhalb der Sperre	20
Abbildung 17. Scanabschnitt 3	21
Abbildung 18. Panoramabild des Scanabschnitts 3.....	21

Abbildung 19. Geschiebebilanzkarten verschiedener Zeitabschnitten des Scanbereichs unterhalb der Sperre	22
Abbildung 20. Scanabschnitt 4	23
Abbildung 21. Panoramabild des Scanabschnitts 4.....	23
Abbildung 22. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 4	24
Abbildung 23. Scanabschnitt 5	25
Abbildung 24. Panoramabild des Scanabschnitts 5.....	25
Abbildung 25. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 5	26
Abbildung 26. Scanabschnitt 6	27
Abbildung 27. Panoramabild des Scanabschnitts 6.....	27
Abbildung 28. Geschiebebilanzkarte (m) 16.11.2009 – 31.05.2011 des Scanabschnitts 6 (Becken des Schwemmkegels oberhalb der Mündung in die Drau)	28