

# **GIS-gestütztes Verfahren zur Abschätzung potenziell drainierter landwirtschaftlicher Nutzflächen am Beispiel der Einzugsgebiete Mondsee und Waginger-Tachinger See**

Hermann KLUG und Florian LÖSCHENBRAND

*Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.*

## **Zusammenfassung**

Mit der Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion wurde der Nachkriegs-Versorgungskrise entgegengewirkt. Produktionsstrukturen und Produktivität wurden nicht zuletzt durch die Erweiterung der landwirtschaftlichen Nutzfläche infolge Meliorationsmaßnahmen entscheidend vorangetrieben. Die Erschließung von neuem Boden und deren intensivere Bodennutzung bergen jedoch entscheidende ökologische und ökonomische Probleme – unter anderem die Eutrophierung der Oberflächengewässer durch den Ein- bzw. Austrag von Phosphor.

Aus diesem Grund ist das Wissen um eine flächenhafte Verortung von Drainageanlagen unabdingbare Voraussetzung für Analyse von Einzugsgebieten im Zusammenhang mit Untersuchungen zum Wasserhaushalt und Stofftransport. Da Katasterkarten der Hydromelioration oft in analoger Form vorliegen, zudem oft auf alten Katastergrundlagen beruhen und die handgezeichneten Kartensignaturen schwer erkennbar sind, soll diese Abhandlung zur Ermittlung von potenziell drainierten Flächen in einem GIS-Modell durch Inwertsetzung bestehender Geodaten beitragen.

Die ermittelten Flächen wurden auf Grundlage des digitalisierten Meliorationskatasters und Geländebegehung validiert. Die Anwendung auf das gesamte Einzugsgebiet von Mondsee und Irrsee im nordöstlich gelegenen voralpinen Seengürtel zeigt Ergebnisse bis zu einer neunzigprozentigen Genauigkeit in Bezug auf tatsächlich vorhandene Drainagen. Der modulare Aufbau erlaubt eine direkte Beeinflussung der gesetzten Parameter und damit eine Adaptierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Regionen, wie am Beispiel des Einzugsgebietes Waginger und Tachinger See getestet.

## **1 Einleitung und Zielsetzung**

Die treibende Kraft in der Landwirtschaft Anfang des 20sten Jahrhunderts war die Nahrungsmittelknappheit bei steigendem Nahrungsmittelbedarf. Diese wurde durch Intensivierung, Mechanisierung und Einsatz chemischer Hilfsmittel in der Landwirtschaft als auch durch Flächengewinnung im Zuge von Meliorationsmaßnahmen beseitigt. Die Melioration (lat. melior = besser) bezeichnet eine Maßnahme oder mehrere Maßnahmen, die das Erschließen von geeigneten Bodenflächen für die landwirtschaftliche Nutzung zum Ziel haben. Damit verbunden sind Leistungssteigerungen des Bodens sowie eine Mehrung der

Bodenfruchtbarkeit und damit ein gesteigertes potenzielles Leistungsvermögen des Bodens. Nach DÖRTER (1989) und DIN 1185 können verschiedene Arten der Melioration unterschieden werden: Hydromelioration, Bodenverbesserung, Kulturlandgewinnung und -rekultivierung, Bodenerhaltung, Bodenschutz, Verkehrswegebau, Flurgestaltung und Flurmelioration. In der hier vorliegenden Publikation werden unter Melioration die Aspekte der Hydromelioration verstanden, die sich mit der Drainage von landwirtschaftlich genutzten Flächen befassen. Vorwiegend geht es dabei um Drainage- und Sickerrohre, rohrlose Drainagen oder entsprechend zweckmäßige Kombinationen mit dem Ziel, Wasser von der jeweiligen Nutzfläche fernzuhalten.

Bodenverbesserungsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen haben in den vergangenen Jahrzehnten die Landschaften und ihre Struktur verändert. Die Auswirkungen auf Natur und Landschaft sind vielfältig und unterschiedlich intensiv. Häufig sind die Auswirkungen im Vorfeld nicht abschätzbar, haben indirekte und direkte Wirkungen vor Ort (on-site) oder auch weiter entfernt (off-site) von ihrer Installation. Die Planung und Modellierung ist daher erschwert und die prognostizierten Auswirkungen vage. Ferner bestanden in der Hochzeit der Melioration, in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, wenige Konzepte und Methoden sowie technische Hilfsmittel zur Analyse dieser Auswirkungen (KUNTZE 1981, KUNTZE 1984).

Im Nachhinein sind auf Basis von Vergleichen vor der Installation der Drainagen aufgenommener Landschaftszustände mit dem heutigen Zustand diverse Auswirkungen auf Natur und Landschaft mess- und nachweisbar (HERTACH 1994, TANNER & ZOLLER 1996). Über Messkampagnen konnten GRANT et al. (1996) insbesondere die Auswirkungen der Eutrophierung durch den Austrag hoher Gesamtposphorgehalte dokumentieren. In einer einjährigen Messreihe konnten sie beweisen, dass vor allem in Graslandgebieten die Hauptfracht von Phosphor aus Drainagen resultiert. DJODJIC, ULÉN & BERGSTRÖM (2000) stellen heraus, dass der Phosphoraustrag vor allem periodisch erfolgt und stark mit Extremniederschlagsereignissen korreliert und diese wiederum umso höher sind, je kürzer der Abstand zur letzten Düngapplikation war. Umso größer scheint der Handlungsbedarf, Düngapplikation und -verfahren in Bezug zu saisonalen Niederschlägen, den räumlichen Gegebenheiten sowie die Lage und Anordnung der einzelnen Austragsflächen in Bezug zueinander zu setzen.

Die Eutrophierung von Oberflächengewässern ist neben der Zerschneidung, Dezimierung und dem Verlust von wertvollen Habitaten nur eine von vielen Folgen. Die Vereinheitlichung von Standorten zur besseren Bewirtschaftung der Flächen, die durch Flurbereinigungsmaßnahmen vorangetrieben wurde, tragen maßgeblich zur Minimierung der biologischen Diversität bei (HIETALA-KOIVU et al. 2004).

Die Kultivierung von an Oberflächengewässern angrenzenden Flächen, bzw. einstigen Schwemmbereichen und Feuchtgebieten geht mit einer Verringerung der Retention einher. Dieser Verlust spiegelt sich vermehrt in Hochwässern und deren Schäden wider.

Meliorationen und damit die Veränderungen des Wasserhaushaltes in der oberflächennahen Bodenzone sind ein wichtiges Bilanzglied in der Wasserhaushaltsgleichung und müssen in vielen Planungsprozessen abgeschätzt werden (MOSIMANN 1990). Dies wird notwendig, da die Infiltrationsstrecke durch die Drainage verkürzt und damit die Erneuerung und die Menge des nutzbaren Grundwassers gesteuert wird (RÖDER 1992). Der Ausbau der Fließgewässer durch Begradigung von Flussabschnitten verursacht eine geringere Kontaktzeit des Wassers und seiner Inhaltsstoffe mit seiner Umgebung. Dies bedeutet: Je schneller

Wasser aus der Fläche abgeleitet wird, desto geringer ist das Filter-, Puffer- bzw. Retentionsvermögen; also umso größer der Nährstofftransport.

Aufgrund der Drainagen, technischen Geländeänderungen sowie Wasserentnahmen für Bewässerungszwecke, Trinkwasserversorgung und Industriegebrauch erfolgte eine maßgebliche Absenkung des Grundwasserspiegels. Diese wiederum hat tief greifende Auswirkungen auf den Stoffhaushalt der Landschaften. Die Trockenlegung der oberen Bodenschichten führen zu einer erhöhten Mineralisierungsrate und durch die Umsetzungsprozesse der Vererdung zur Freisetzung von Nährstoffen, die sich insbesondere in Moorgebieten auswirken (GRABHERR 1995). Neben der Mineralisierungsrate und damit verbundenen hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen tragen vor allem die hohen Nährstoffgaben zur Eutrophierung der Oberflächengewässer bei.

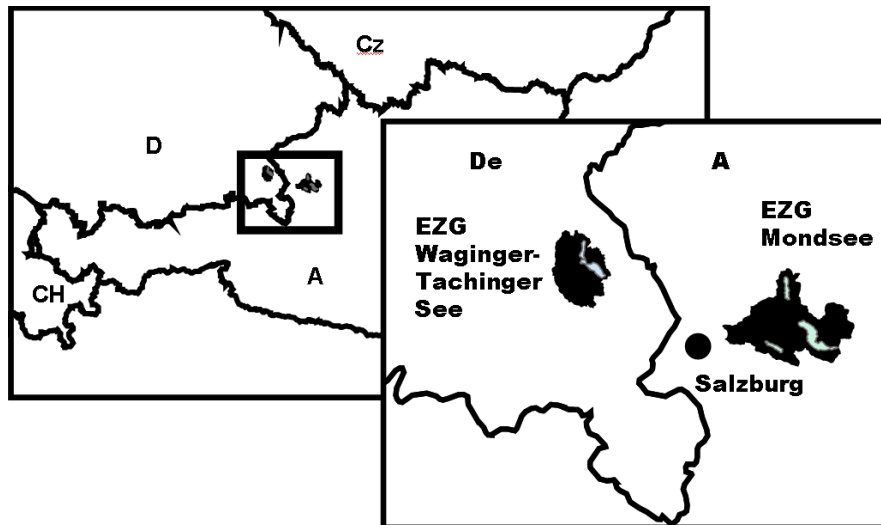
Ferner werden ökologische Beeinträchtigungen über die entwässerten Flächen wirksam. Die Sackung von Mooren infolge des Wasserverlustes, der Substanzverlust der Moore durch Mineralisierung sowie die mit der Mineralisierung verbundene erhöhte Nährstoff- und Kohlendioxidfreisetzung. Darüber hinaus werden das Verlagerungspotenzial und die Menge der verlagerten Stoffe erhöht, die in direktem Zusammenhang mit der Sickerwassermenge und dem Abtransport aus der Bodenmatrix stehen. Zusätzlich wird das matrixgebundene Sorptionsvermögen des Bodens und die Speicherkapazität für pflanzengebundene Nährstoffe vermindert. Außerdem sorgt die durch Profilverkürzung induzierte Verringerung der Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schad- und Nährstoffen einen beschleunigten Abtransport der wassergelösten Substanzen in die Oberflächengewässer.

Die flächenhafte Verbreitung von Drainagen beruht meist auf handschriftlich fixierten Meliorationskatastern. Diese liegen teilweise sehr lückenhaft und hinsichtlich des Installationszeitpunktes unzureichend dokumentiert vor. Dementsprechend gibt es eher mehr meliorierte Flächen als tatsächlich in der Karte verzeichnet. Im vorliegenden Einzugsgebiet vom Mondsee (Österreich) liegen Meliorationskatasterkarten für den Salzburger Anteil des Einzugsgebietes vor. Für den im Osten gelegenen Oberösterreichischen Anteil konnten keine Meliorationspläne recherchiert werden. Um das Ausmaß der strukturellen Veränderungen in der Kulturlandschaft insbesondere mit Betrachtung der Phosphormobilität und den Eintrag in den Mondsee abschätzen zu können, ist die flächendeckende Kenntnis der meliorierten Flächen unabdingbar. Dies erfolgt auf Basis eines semi-automatischen Ansatzes mit einem Geografischen Informationssystem (GIS), in dem bestehende Geodaten zur Ableitung potenziell drainierter Flächen herangezogen werden.

## **2 Das Einzugsgebiet Mondsee und Waginger-Tachinger See**

Die Einzugsgebiete Mondsee und Waginger-Tachinger See liegen nordöstlich bzw. nordwestlich der österreichischen Stadt Salzburg, eingebettet in einem dem Alpennordkamm nördlich vorgelagertem Gebiet mit etwa einem Dutzend mittelgroßen Seen sowie einer größeren Anzahl kleinerer Seen (Abb. 1). Obgleich die Landschaften der Einzugsgebiete als eine naturräumlich-hydrologische Einheit zu betrachten sind, befindet sich das Einzugsgebiet des Mondsees unter unterschiedlicher administrativer Verwaltung: das im Osten gelegene Salkammergut des Bundeslandes Oberösterreich sowie das im Westen gelegene Land Salzburg. Dies bedingt eine besondere Anforderung an die länderübergreifende Bearbeitung

des Gebietes, da unter anderem auch die Geodatenhaltung beider Länder jeweils eigenständig verwaltet wird.



**Abb. 1:** Das Einzugsgebiet von Mondsee und Waginger-Tachinginger See

### 3 Die Verfahrensauswahl

Während sich frühere Arbeiten vorwiegend mit der bestmöglichen hydrologischen Implementation der Anlage von Meliorationssystemen gewidmet haben (COOKE et al. 2001, RIMIDIS & DIERICKX 2003, MATHEW et al. 2001), sind heute die landschaftlichen Auswirkungen vor allem in Hinblick auf ungeschlossene Nährstoffkreisläufe in der Planung von besonderer Bedeutung. Die Modellierung des Austrages sämtlicher Agrarchemikalien (Kunstdünger, Herbizide, Fungizide, Insektizide, Wachstumshemmer, Gülle, Jauche, Silagesickersäfte, Reinigungslösungen etc.) und ihrer Abbauprodukte in die Oberflächengewässer ist daher zwingend mit der Erfassung der Drainageflächen verbunden (HIRT, MEYER & HAMMANN 2005).

Während in den neuen deutschen Bundesländern in den neunziger Jahren Abschätzungen zum Anteil drainierter landwirtschaftlicher Nutzflächen durchgeführt wurden (POLLAK 1991, BEHRENDT et al. 2000, HIRT, MEYER & HAMMANN 2005), sind die Anteile in den Bundesländern Salzburg und Oberösterreich sowie Bayern nahezu unbekannt.

Das zu wählende Verfahren muss den Anforderungen der zur Verfügung stehenden Ausgangsdaten entsprechen und im hier vorliegenden Fall eine Auflösung von nicht größer als 1:50.000 aufweisen. Insbesondere ist an das Verfahren als letztes Kriterium ein vertretbarer Arbeitsaufwand (Datenaufbereitungs- und Analyseaufwand) für die flächendifferenzierten Berechnung zu stellen. Eine Literaturrecherche zur Abschätzung von potenziell drainierten Flächen ergab, dass unter den GIS-Ansätzen zur Abschätzung von landschaftsökologischen

Funktionen die Ermittlung von Drainageflächen wenig Berücksichtigung findet (HIRT, MEYER & HAMMANN 2005). Dennoch konnte das Verfahren nach LEHMANN (1999) und FRÖHLICH et al. (2004) als Basis der Analysen herangezogen werden.

Die Hauptquelle zur Bestimmung der Drainageflächen sind die digitale Katastermappe (a), die digital als Vektordatensatz vorliegenden Österreichischen Bodenkarten im Maßstab 1:25.000 (b) und ein digitales Geländemodell (c) (siehe Abb. 2).

Die Katastermappe beinhaltet Informationen zu landwirtschaftlichen Nutzflächen, die als Selektionskriterium extrahiert werden. Ferner baut die Methode auf der Verwendung von aktuellen Landnutzungsdaten auf. Fernerkundungsgestützte Verfahren werden herangezogen, um auf Basis kostengünstiger ASTER-Satellitenbilder (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) die aktuelle Landnutzung zu ermitteln. Diese werden mit der Landnutzung aus dem Kataster verglichen und Differenzen der Landnutzungszuordnung beseitigt.

Die Bodenkarten beinhalten flächenexplizite Verbreitung von Leitbodenformen, welche über die Bodenart des Oberbodens, den Bodenwasserhaushalt und andere Attribute definiert ist. Über die Erläuterungen der Bodenkarten des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (diverse Jahrgänge) wurden sämtliche Attribute in einer Datenbank zusammengefasst. Schlüsselparameter stellen insbesondere die Bodenart und semi-terrestrische und hydrologische Bodentypen dar. Selektiert werden aus der Bodenkarte alle schlecht drainierenden Bodenarten (alle bis auf IS und sL). Die landwirtschaftlichen Nutzflächen werden im nächsten Schritt auf die schlecht drainierenden Bodenflächen reduziert.

Ferner werden digitale Geländemodelle (DGM) zur Ableitung der Hangneigung als Entscheidungskriterium herangezogen. Es werden Flächen mit einer Neigung  $> 10^\circ$  ermittelt und das Ergebnis der schlecht drainierenden Landnutzungsflächen subtrahiert. Somit bleiben alle potenziell drainierten Flächen über, die  $< 10^\circ$  Hangneigung und schlecht drainende Bodenarten aufweisen sowie zur landwirtschaftlichen Nutzfläche zählen.

## 4 Datenaufbereitung und Umsetzung

Im Rahmen hydrologischer Modellierungen und der Abschätzung von diffusen Stoffaussträgern aus landwirtschaftlichen Nutzflächen ist das Wissen um nicht natürliche Fließwege Voraussetzung. Doch neben RÖDER (1999) berichten viele Autoren über Probleme der Informationsgewinnung zu entsprechenden Datensammlungen. Während teilweise Meliorationsgenossenschaften detaillierte Archive mit Lage, Zeitpunkt und Technik der Drainage aufweisen, sind anderorts keine oder nur unzulängliche Informationen verfügbar. Welche Daten im Detail für das Einzugsgebiet vom Mondsee vorliegen wird im Folgenden erläutert.

Karten von unterirdischen Drainagen sowie Entwässerungskanälen liegen ausschließlich in analoger Form im Bundesland Salzburg vor. Diese Ausdrücke auf Basis der Katastermappe weisen aber einige Unzulänglichkeiten auf:

- Die Meliorationskarten spiegeln unterschiedliche, aber nicht gekennzeichnete Zeitpunkte wieder. Die Erfassung erfolgte fortlaufend seit 1930.
- Es werden nur geförderte Drainagen erfasst (mündl. Mitteilung von Herrn Huber, Landesamt Salzburg).

- Privat initiierte Trockenlegungsmaßnahmen sind unbekannt.
- Die sukzessive Nachführung der Anlage von Gräben oder unterirdischen Rohren ist unbekanntes Datum. Dies ist insbesondere signifikant, als dass die Funktionsfähigkeit der Drainage mit dem Alter abnimmt und nach ca. 30 Jahren ohne Wartung und Pflege ihre Funktion nicht mehr erfüllen kann.
- Die Basis der Eintragungen beruht auf einer Katastermappe einer Zeit vor der Flurbereinigung.
- Die im Rahmen der Flurbereinigung verlegten oder umgebauten Drainagen werden nicht erfasst.
- Die Übertragung der Flächen auf die neuen Flurstücksgrenzen ist problematisch.
- Die Kartierungen liegen nicht flächendeckend vor.

Zur Schaffung einer geeigneten Datengrundlage für die Validierung des Modells werden die Geometrien vor der Flurbereinigung auf das digital vorliegenden neuen Kataster generalisiert übertragen. Die im Rahmen der Sukzessionsprozesse der letzten 70 Jahre von der landwirtschaftlichen Kulturläche zu Wald überführten Flächen wurden durch Überlagerungsoperationen eliminiert. Flächenberechnungen ergaben Fehlschlüsse auf Grundlage des alten Katasters von 2,4 km<sup>2</sup>. Dies entspricht 15 % der als melioriert erfassten Flächen.

Die Integration des in Kapitel 3 erläuterten Modells erfolgt im ArcGIS ModelBuilder. Das Modell bietet damit ein großes Potenzial zu Adaption auf regionale Gegebenheiten und Besonderheiten sowie an die vorliegende Datenbasis. Gut dokumentierte Modelle können den Anforderungen entsprechend weiterentwickelt werden und sorgen für Transparenz in der Analyse.

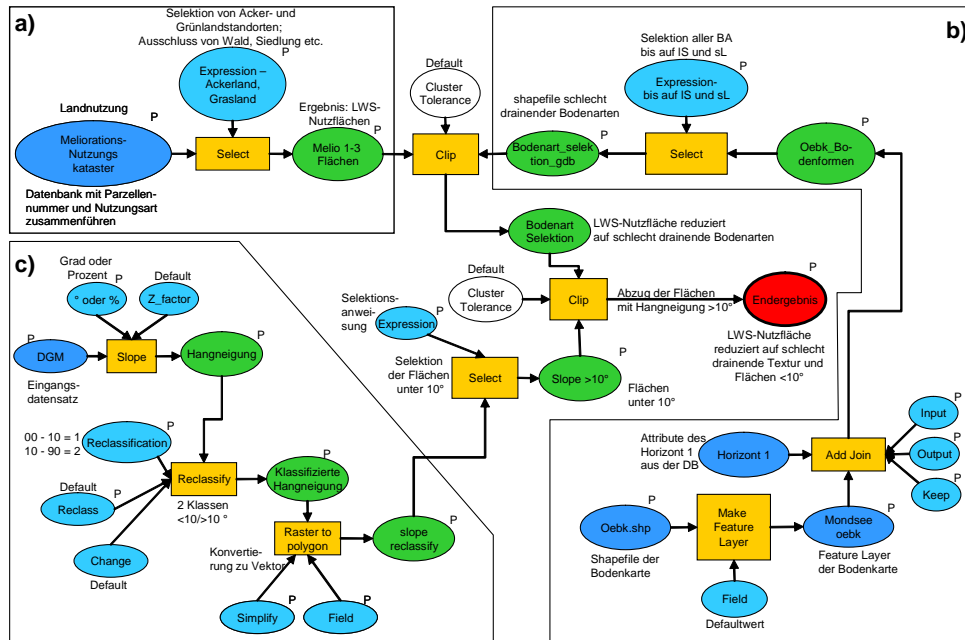
## 5 Plausibilität der Abschätzung potenzieller Drainageflächen

Die Ergebnisdiskussion und Validierung der Ergebnisse aus der Ermittlung der potenziellen Drainageflächen erfolgt auf Basis der auf Salzburger Seite vorliegenden Meliorationskarten. Die Flächenvergleiche in Tabelle 1 zeigen, dass 16,3 km<sup>2</sup> der von den vorliegenden analogen Meliorationskarten digitalisierten Flächen auf 40,8 km<sup>2</sup> landwirtschaftlicher Nutzfläche der am Einzugsgebiet beteiligten Salzburger Gemeinde entfallen. Das entspricht einem Drainageflächenanteil von 40 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Der GIS-Ansatz unterrepräsentiert diesen Wert mit 32 % ausgewiesene Drainageflächen der Nutzfläche (13,2 km<sup>2</sup>). In Anbetracht der niedrigeren Prozentsätze der Drainageflächenanteile im GIS-Ansatz wird vermutet, dass dieser genauer zu sein scheint. Dies begründet sich ebenfalls, da in der Kartierung der analogen Karten vom Kataster die entwässerungsbedürftigen Flächen inkludiert sind.

Unter Annahme der kartierten Flächen aus dem analogen Kataster als 100 %, wurden die mit 13,2 km<sup>2</sup> ausgewiesenen Flächen des GIS-Ansatzes zu 81 % in den Gemeindegebieten von SBG repräsentiert. Geht man davon aus, dass die digitalisierten Flächen der analogen Karte überrepräsentiert sind, erhöht sich die Genauigkeit entsprechend.

Um die Genauigkeit der Abschätzung potenzieller Drainageflächen zusätzlich im Gelände zu bewerten wurden zwei unterschiedliche Verfahren angewandt. Eine Stichprobe von 50 über das Projektgebiet verteilten Punkten ermittelt die Richtigkeit anhand der aus der ana-

logen Karte ins digitale Format übertragenen kartierten Drainagen mit denen der abgeschätzten Flächen. Aus der Stichprobe resultierte eine Genauigkeit von 87 %. Ferner wurden die von analog nach digital übertragenen Flächen über eine Stichprobe von 50 Punkten durch Geländearbeit überprüft und eine Übereinstimmung von 70 % (35 von 50) ermittelt.



**Abb. 2:** Das GIS-Modell in ArcGIS  
 a) Auswahl der landwirtschaftlichen Nutzflächen  
 b) Selektion der schlecht drainenden Bodenarten  
 c) Klassifikation und Selektion der Hangneigungen unter 10°

**Tabelle 1:** Flächenvergleiche der Drainageflächenanteile

	<b>Kartierte Flächen von der analogen Katastermappe</b>	<b>Aus dem GIS-Ansatz ermittelte Flächen</b>
<b>Landnutzung der SBG Gemeinden (40,8 km<sup>2</sup>)</b>	40 % (16,3 km <sup>2</sup> )	32 % (13,2 km <sup>2</sup> )
<b>Landnutzung des gesamten EZG (SBG + OÖ = 101,6 km<sup>2</sup>)</b>	nicht vorhanden	40 % (40,4 km <sup>2</sup> )
<b>Kartierte Flächen von der analogen Katastermappe (SBG) (16,3 km<sup>2</sup>)</b>	100 %	19 % Unterschied für Gemeinden SBG

SBG: Salzburg; OÖ: Oberösterreich; EZG: Einzugsgebiet

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Ziel dieser Publikation ist es, bestehende Daten zusammen zu führen, zu erläutern, deren Informationsgehalt zu ermitteln bzw. auszubauen um für das Einzugsgebiet zu einer Abschätzung der drainierten Flächen zu gelangen. Eine flächendeckende Beprobung oder Geländekartierung zur direkten Ermittlung der meliorierten Flächen scheidet aus zeitlichen und finanziellen Gründen aus. Daher sollte ein Schätzverfahren herangezogen werden, das bestehende Geodaten wie Bodenkarten und digitale Geländemodelle durch spezifische Analyseprozesse in Wert setzen. Dieses beruht auf einer vorhandenen Datengrundlage und besitzt in dem dargelegten Rahmen Gültigkeit. Damit kann es mit hinreichender Genauigkeit auf andere Gebiete ähnlichen Aufbaus übertragen werden.

Es steht zweifelsohne außer Frage, dass für komplexere Analysen eine Erweiterung des Verfahrens anzustreben ist. Andererseits waren Versuche der Berücksichtigung von Geländemorphologie (Landformen), Bodenparameter (Hydromorphietyp) oder reliefbedingte Klimaparameter (Exposition) wenig Erfolg versprechend.

Unter der Annahme lokalklimatischer Bedingungen, pedologischer Voraussetzungen und geomorphologischen Gegebenheiten wurden im Mondseegebiet insgesamt Flächen mit einer Verbreitung von 40,4 km<sup>2</sup> als potenziell drainierte Flächen ausgewiesen. Dies beziffert einen Anteil von 40 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Es ist zu berücksichtigen, dass teilweise in der Hochzeit der Meliorationsumsetzung auch Bodentypen melioriert wurden, die weder durch Grund- und Stauwassereinfluss beeinflusst wurden. Aus diesem Grund sind neben naturräumlichen Aspekten stets auch sozioökonomische Aspekte zu berücksichtigen (POLLACK 1991). Diese Faktoren können maßgeblich zur Ergebnisverbesserung beitragen, aber letztendlich nur über Befragungen der Landwirte konkretisiert werden. BACH et al. (1998) berichten in diesem Zusammenhang von einer „die Naturwissenschaften restriktierenden Analyse“.

In Anbetracht des flächendeckenden Ausmaßes der meliorierten Fläche wird ein Rückbau der landwirtschaftlichen Drainagen als wesentlicher Beitrag zur Schließung von Stoffkreisläufen und des Hochwasserschutzes prognostiziert. Auch VAN DER PLOEG (o.J.) zeigt, dass durch die Verringerung der Drainageabflussrate sowohl mehr Niederschlag als auch Nährstoffe in der Fläche zurückgehalten werden können. Wenn es zukünftig gelingt, während Starkregenereignissen oder längeren Regenperioden generell mehr Wasser in der Fläche zu binden, so trägt dies präventiv zur Vermeidung von Überschwemmungen bei.

Des Weiteren ist zu überdenken, inwieweit die mit hohem Kostenaufwand verbundene Instandhaltung der ausgeführten Entwässerungsanlagen den Ertrag und dessen Notwendigkeit rechtfertigt bzw. inwieweit die aus dem Haushalt bereitgestellten Geldmittel nicht anderweitig eingesetzt werden können. Mit der Überproduktion landwirtschaftlicher Produkte in Europa bedarf dieser Trend einer Umkehrung. Wiedervernässungsprogramme und Bereiche zur Hochwasserrückhaltung gewinnen daher bereits an Bedeutung. Die Erkenntnis der Fehler der Vergangenheit bei der Förderung der Nahrungsmittelproduktion mit Subventionsprogrammen wird heute durch Rekultivierungsmaßnahmen zurück gekauft.

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass die vorgestellte Methode auch ohne kostenintensive Feldkartierungen entscheidend zur Beseitigung des Wissensmangels beitra-



gen kann. Die Untersuchungen können damit als Grundlage für die ländliche Planung dienen und darüber hinaus Hilfestellung für Entscheidungen im Rahmen von Planungsstrategien (Wiedervernässungen, Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Böden, Hochwasserrückhalt, Festlegung von Düngerichtlinien) geben.

## Danksagung

Diese Studie wurde teilweise aus der INTERREG IIIa Initiative im Rahmen des Projektes „SeenLandWirtschaft“ gefördert. Zusätzlich wurden Mittel der Paris-Lodron Stiftungsgesellschaft der Universität Salzburg für studentische Hilfsmittel genutzt.

## Literatur

- BACH, M., FREDE, H. G., SCHWEIKART, U. & A. HUBER (1998): Regional differenzierte Bilanzierung der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse der Landwirtschaft in den Gemeinden/Kreisen in Deutschland. In: BEHRENDT, H.; HUBER, P.; LEY, M.; OPITZ, D.; SCHMOLL, O.; SCHOLZ, G. & R. UEBE: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. UBA-Texte 75/99, Annex, S. 1-46
- BEHRENDT, H., HUBER, P., KORNMILCH, M., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. & R. UEBE (2000): Nutrient balances of German river basins. UBA-Texte 23/2000
- COOKE, R. A., BADIGER, S. & A. M. GARCIA (2001): Drainage equations for random and irregular tile drainage systems. In: *Agr. Water Manage.* 48, pp. 207-224
- DIN 1185-1 (Ausgabe:1973-12): Dränung; Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung, Rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration, Allgemeine Hinweise und Sonderfälle
- DJODJIC, F., ULÉN, B. & L. BERGSTRÖM (2000): Temporal and spatial variations of phosphorus losses and drainage in a structured clay soil. In: *Water Research*, Vol. 34, I. 5, pp. 1687-1695
- DÖRTER, K. (1989): *Landwirtschaftliche Meliorationen*. 2. Auflage. Berlin, 293 S.
- FRÖHLICH, M., LEHMANN, R., PAUKNER-RUZICKA, A., ROBRECHT, D. & H. ROCH (2004): Diffuse Phosphoreinträge in Oberflächengewässer – GIS-gestützte Berechnung der P-Aus- und Einträge und Ermittlung des standörtlichen Gefährdungspotentials. In: *Forum f. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Vol. 2, S. 39-42
- GRABHERR, G. (1995): Naturschutzforschung in Österreich. In: *Natur und Landschaft* H. 70, S. 576-580
- GRANT, R., LAUBEL, A., KRONVANG, B., ANDERSEN, H. E., SVENDSEN, L. M. & A. FUGLSANG (1996): Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. In: *Water Research*, Vol. 30, I. 11, pp. 2633-2642
- HERTACH, T. (1994): *Landschaft im Spannungsfeld: melioriert - nicht melioriert*. Vier Fallbeispiele aus dem Aargauer Jura. Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel, 24 S.
- HIETALA-KOIVU, R., LANKOSKI, J. & S. TARMU (2004): Loss of biodiversity and its social cost in an agricultural landscape. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 103, I. 1, pp. 75-83

- HIRT, U., MEYER, B. C. & T.HAMMANN (2003): Changes in nitrogen input via subsurface drainage systems into the Mulde catchment (Germany) – a mesoscale approach. In: MANDER, Ü. & M. ANTROP (Eds.): Multifunctional Landscapes: Continuity and Change. 3, S. 201-221 (ISBN 1-85312-935-6).
- KUNTZE, H. (1981): Melioration vernäßer Böden. In: Landwirtschaft und Wasserhaushalt, S. 159-168
- KUNTZE, H. (1984): Meliorationen und ökologische Forderungen. In: Wasser und Boden, Band 36, Heft Nr. 9, S. 416-417
- LEHMANN (1999): Pflege und Entwicklungsplan für den Simssee. Gutachten im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim, unveröffentlicht
- MATHEW, E. K., PANDA, R. K. & M. NAIR (2001): Influence of subsurface drainage on crop production and soil quality in a low-lying acid sulphate soil. Agricultural Water Management Vol. 47, I. 3, pp. 191-209
- MOSIMANN, T. (1990): Ökotope als elementare Prozesseinheiten der Landschaft. Konzept zur prozessorientierten Klassifikation von Geoökosystemen. 1, 56 S., Hannover.
- POLLACK, P. (1991): Entwicklung und Stand des Meliorationswesens in den fünf neuen Bundesländern - Ausblick in die Zukunft des Meliorationswesens. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, AID-Heft 3194, 29 S., Bonn.
- RIMIDIS, A. & W. DIERICKX (2003): Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania. In: Agricultural Water Management, Vol. 59, I. 1, pp. 15-31
- RÖDER, M. (1992): Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate für Planungen im Maßstab 1:50.000. In: Naturschutz und Landschaftsplanung, H. 2, S. 54-57
- RÖDER, M. (1999): Erfassung und Bewertung des Wasserhaushalts als Grundlage für die Erarbeitung von Zielen und Maßnahmen der örtlichen Planung. In: Dresdner Planersprache vom 6./7. November 1999, S. 19-33
- VAN DER PLOEG, R. R. (k. a.): Die Dränung von Acker- und Grünlandflächen im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Hochwasserschutz. Manuskript. Universität Hannover