

Bodenerosion und Gewässerschutz

Peter Strauss^{1*}

Zusammenfassung

In Binnengewässern ist in den meisten Fällen das Element Phosphor jener Stoff, der das Wachstum limitiert. Bei übermäßigem Eintrag von P ist daher mit negativen Wirkungen auf die Gewässer zu rechnen. Maßnahmen zur Reduktion des P Eintrags müssen zuallererst in der Landschaft einsetzen, denn die Landschaft produziert das Wasser und ist primäre Quelle von Phosphor. Drei wesentliche Faktoren treiben den Eintrag von Phosphor über das Erosionsgeschehen in das Gewässer an – die Höhe des Bodenabtrags, die Menge an Phosphor im Boden und die Lage erosionsgefährdeter Flächen im Verhältnis zum Gewässer. Eine Reihe von wirksamen Schutzmaßnahmen existiert, die einerseits den Bodenabtrag auf der Fläche wirkungsvoll reduzieren können, wie z.B. Mulch- und Direktsaat. Zusätzlich kann durch Identifizierung kritischer Flächen mit geringem Flächenverbrauch ein großer Reduktionseffekt erzielt werden. Der Einsatz von Gewässerrandstreifen bietet die Möglichkeit, gewässernahe Maßnahmen zu setzen. Letztendlich hängt die tatsächliche Wirksamkeit aller Maßnahmen allerdings von ihrer Umsetzung ab. Betrachtet man die aktuellen Beitrittszahlen zu den erosionsrelevanten Maßnahmen in ÖPUL, ist diese derzeit noch nicht ausreichend gegeben.

Schlagwörter: Schutzmaßnahmen, Phosphor, kritische Flächen

Summary

In rivers and lakes phosphorus is usually the element which limits aquatic growth. When supplied in abundance, negative reactions take place in the aquatic ecosystem. Measures to reduce P input have to take into account the landscape, because it is the landscape which produces water and phosphorus. Three main driving factors exist when looking at input of P via erosion processes, the amount of soil loss, the amount of P in soil and the location of critical erosion areas within the watershed. Numerous measures to reduce soil erosion on the fields exist such as mulching or direct drill. In addition, identification of critical areas for erosion may reduce soil loss substantially while using only small portions of land. Use of buffer filter strips offers the opportunity to set near water measures. However, the actual effectiveness of all these measures to reduce P input depends on their implementation. Given the participation numbers for these measures in the Austrian ÖPUL programme, at present this is not sufficiently the case.

Keywords: erosion control measures, phosphorus, critical areas

Einleitung

Es gibt eine Reihe unterschiedlichster Aspekte im Wirkungsgefüge Bodenerosion und Gewässerschutz. In dieser Arbeit soll vor allem der Zusammenhang zwischen dem Problem des Austrags von Boden durch Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und dem dadurch stattfindenden Eintrag von Phosphor in Gewässer diskutiert werden. Genau wie im Boden hängt pflanzliches Wachstum ja auch in Gewässern von der Menge an verfügbaren Nährstoffen ab. Im Gegensatz zum terrestrischen Bereich, wo vor allem der Stickstoff das Wachstum begrenzt, ist allerdings das wachstumslimitierende Element in Gewässern in den meisten Fällen der Phosphor (P). P ist in Gewässern hocheffizient - mit 1g P können 100 g Algenbiomasse erzeugt werden. P wird aber nicht im Gewässer produziert, sondern gelangt wie alle anderen Inhaltsstoffe des Wassers und auch das Wasser selbst aus der Landschaft ins Gewässer **denn die Landschaft produziert unser Wasser.**

Abbildung 1 zeigt schematisch die Wege des Wassers in der Landschaft bis hin zur Bildung eines permanenten sichtbaren Gewässers.

Abbildung 2 stellt durchschnittliche jährliche Abflusshöhen, aufgeteilt in Basisabfluss und Direktabfluss in Bezug zu den Niederschlägen des Kleinzugsgebietes Petzenkirchen (70 ha) im niederösterreichischen Alpenvorland. Außerdem zeigt *Abbildung 2* die hohe Variabilität des jährlichen Schwebstoffaustrags in Abhängigkeit der Niederschlagsverhältnisse.

In größeren Gewässern liegen typische Verhältnisse für den Anteil an oberflächlich oder oberflächennahe abfließendem Wasser z.B. in einem Bereich von etwa 10 % (Wulka) oder 30 % (Ybbs) des Gesamtabflusses eines Gewässers (daNUbs 2003).

Der dabei direkt als Oberflächenabfluss wirksame Anteil ist schwierig zu quantifizieren, aber sicherlich noch wesentlich geringer. Das bedeutet, dass der überwiegende Anteil des Wassers in unseren Flüssen aus dem Grundwasservorrat

¹ Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN

* Ansprechpartner: peter.strauss@baw.at

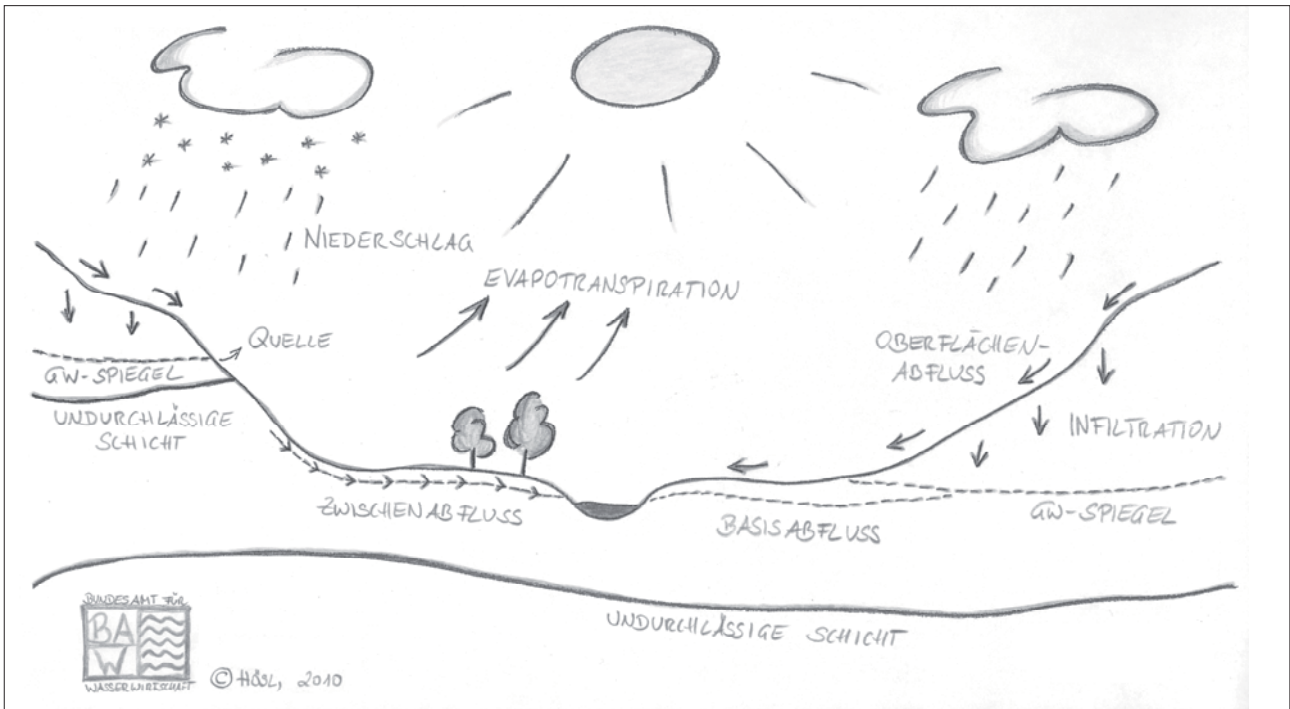


Abbildung 1: Wasserwege in der Landschaft

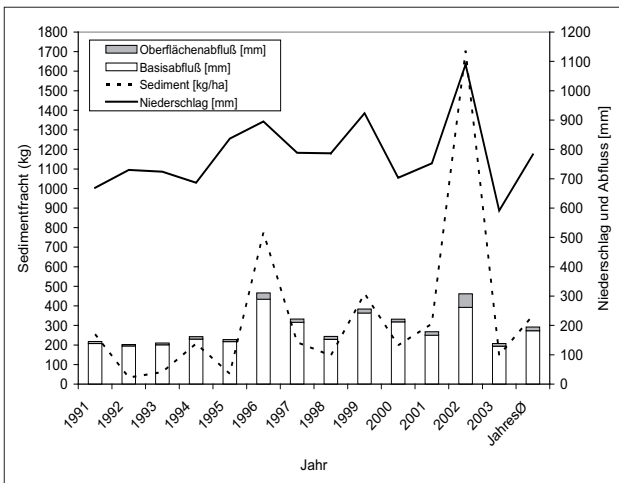


Abbildung 2: Jährlicher Niederschlag, Gesamtabfluss, Basisabfluss, Oberflächenabfluss und Schwebstofffracht der Jahre 1991 bis 2003 im Einzugsgebiet Petzenkirchen

gespeist wird. Betrachtet man allerdings die P Frachten, die in gelöster Form (= vor allem über unterirdische Fließwege) oder an den Boden gebunden (= vor allem über oberflächlich abfließendes Wasser) jährlich im Gewässer landen, zeigt sich, dass unter ungünstigen Bedingungen die Menge des jährlich über den Oberflächenabfluss ins Gewässer transportierten Phosphors um 1 Größenordnung über dem auf anderen Fließwegen ins Gewässer eingetragenen Phosphors liegt.

Was sind nun solche ungünstigen Bedingungen, welche Prozesse bewirken den Eintrag von P über Bodenerosion und welche Maßnahmen kann man dagegen setzen?

Faktoren des P Eintrags in Gewässer

Bodenerosion

Der erhöhte Eintrag von partikulär gebundenem P erfolgt – wenig überraschend – vor allem dann, wenn Flächen hohe Bodenabträge aufweisen. Die Faktoren die zu hohen Bodenabträgen führen sind, zumindest in ihren groben qualitativen Wechselwirkungen, hinlänglich bekannt, nämlich Hangneigung, Hanglänge, Erosivität der Niederschläge, Boden und Landnutzung. Die Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Wirkung der einzelnen Faktoren sind je nach Faktor sehr unterschiedlich. Während man auf den Niederschlag und die Hangneigung praktisch keinen Einfluss hat, bestehen hinsichtlich der Hanglänge, Boden und Landnutzung Möglichkeiten einer positiven wie negativen Beeinflussung des Erosionsgeschehens, wenn auch in unterschiedlichem Maß. Die größte Sensitivität einer positiven Beeinflussung des Erosionsgeschehens besteht hinsichtlich des Einflusses der Landnutzung. So liegen der Bodenabtrag einer unbewachsenen Fläche und einer Waldfläche, als jeweilige Eckpunkte einer extremen Betrachtungsweise

Tabelle 1: Mittlere Konzentrationen an Gesamtphosphor (TP) und gelöstem Gesamtphosphor (RP < 0,45 µm) in mg l⁻¹, sowie Phosphorfrachten (in mg min⁻¹ m⁻²) beider Phosphorgruppen in Beregnungsversuchen bei italienischen und ungarischen Böden

Boden	Konzentration		Fracht	
	TP	RP	TP	RP
Riva (I)	8,8	0,23	7,0	0,18
Tetto Frati (I)	7,6	0,12	5,9	0,09
Somogybabod (HU)	79,0	0,01	52,2	0,01
Nagyhorvati (HU)	10,8	0,14	4,3	0,06

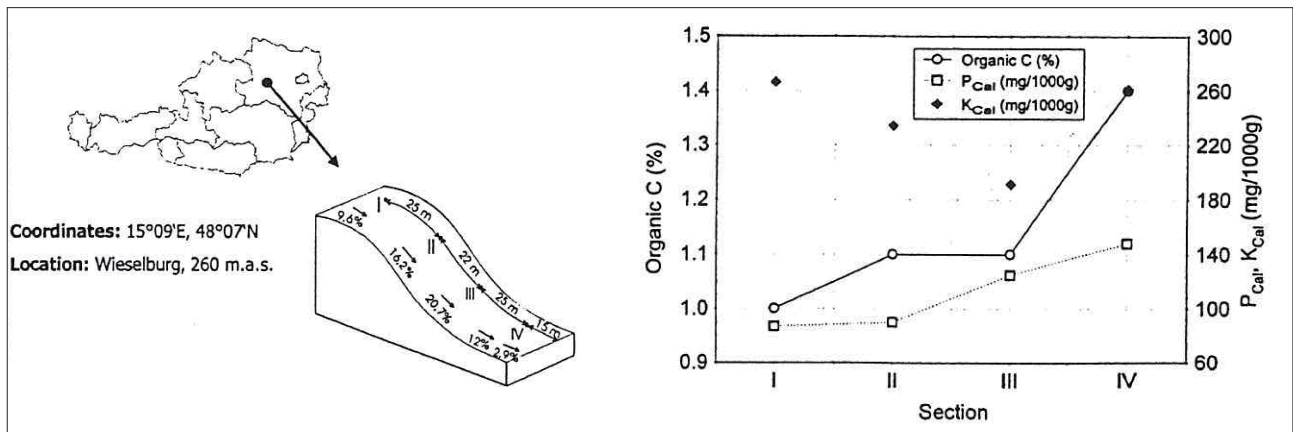


Abbildung 3: Veränderung von organischem Kohlenstoff, P_{CAL} und K_{CAL} entlang einer Erosionscatena im niederösterreichischen Alpenvorland

um einen Faktor 100 auseinander (WISCHMEIER und SMITH 1978).

Phosphorgehalt des Bodens

Neben der Größe des Bodenabtrags einer Fläche hängt die Höhe der stofflichen Belastung natürlich auch von der Menge an P im Boden ab. Typische durchschnittliche Gesamtphosphorgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden liegen in einem Bereich von 500 – 2000 mg P kg⁻¹ Boden. Der im Oberflächenabfluss transportierte, nicht an den Bodenpartikel gebundene Phosphor ist dagegen wesentlich geringer konzentriert (QUINTON et al. 2003) und liegt bei manchen Böden um mehr als zwei Größenordnungen unter den Gesamtphosphorkonzentrationen und -frachten. *Tabelle 1* zeigt dieses Verhalten anhand von Phosphorfrachten und -konzentrationen zweier ungarischer und italienischer Böden bei simulierten Starkregenereignissen.

Während des Erosionsprozesses erfolgt zusätzlich eine Anreicherung durch den bevorzugten Transport kleinerer Bodenpartikel. Dies führt dazu, dass das in die Gewässer eingetragene Sediment in der Regel eine gegenüber dem Ausgangsmaterial wesentlich veränderte Korngrößenzusammensetzung hin zu wesentlich feinerem Bodenmaterial besitzt. Da der Phosphor im Boden vor allem an die Korngrößen Ton und Schluff gebunden ist, erhöht sich durch diese Anreicherung der Phosphorgehalt des Sediments durchschnittlich um das 1,5 bis 3-fache. Die selektive Ablagerung von Schluff- und tonreichem Material während des Erosionsprozesses hat natürlich Konsequenzen für die Nährstoff- und Wasserversorgung landwirtschaftlich genutzter Flächen und damit auch für die erzielbaren Erträge. Bereiche mit bevorzugtem Bodenabtrag innerhalb eines Schlages (Oberhang, Mittelhang) weisen geringere Phosphorgehalte auf, als Bereiche, in denen eine Anlandung des erodierten Materials erfolgt (Hangfuß). *Abbildung 3* zeigt die Verteilung der Gesamtphosphorgehalte entlang einer Hangcatena im niederösterreichischen Alpenvorland (STRAUSS und KLAGHOFER 2001).

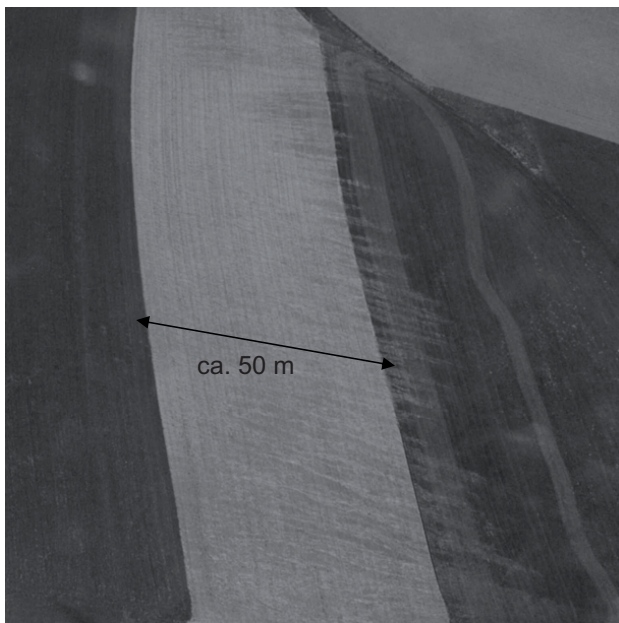


Abbildung 4: Erosion und Sedimentation am Beispiel eines Schlages im Einzugsgebiet Grub

Lage der erosionsgefährdeten Flächen zum Gewässer

Neben der Höhe des Bodenabtrags und dem Phosphorgehalt des erodierten Materials ist die Lage einer Fläche innerhalb des Einzugsgebietes von entscheidender Bedeutung für eine mögliche Belastung des Gewässers. Um einen Vergleich zwischen den Größen des im Einzugsgebiet erodierten Bodens und des aus dem Einzugsgebiet ausgetragenen Sediments anstellen zu können, wurde für ein Hochwasserereignis des März 2002 eine Quantifizierung des in zwei Einzugsgebieten des niederösterreichischen Alpenvorlandes (Seitengraben, Grub) erodierten Bodens durchgeführt und mit den aus diesen Einzugsgebieten ausgetragenen Schwebstoffmengen verglichen (STRAUSS und PEINSITT 2002). Insgesamt wurden während dieses Ereignisses im Einzugsgebiet Seitengraben 108 m³ (140 t) Boden erodiert und davon 88 m³ (114 t) wieder abgelagert. Im Einzugsgebiet Grub wurden 541 m³ (703 t) Boden verlagert und 30 m³ (39 t) abgelagert. Nur ca. 20% des erodierten Bodens verließen auch das Einzugsgebiet Seitengraben. Im Einzugsgebiet

Grub waren es sogar nur ca. 2% des abgetragenen Bodens, der als Sediment das Einzugsgebiet verließ. *Abbildung 4* zeigt beispielhaft, warum diese Differenz so groß ausfallen kann. Es handelt sich um ein Foto aus dem Einzugsgebiet Grub. Die auf diesem Schlag kartierte Erosionsmenge betrug 220 m³ (290 t). Da der Schlag aber nicht direkt an einen kontinuierlichen Fließweg angrenzt, sondern in ein angrenzendes Grünlandfeldstück entwässert, wurde praktisch der gesamte Bodenabtrag wieder abgelagert. Deutlich sichtbar ist die Strecke im Grünland, die benötigt wird um das erodierte Material wieder komplett abzulagern. Es handelt sich dabei um ca. 20-30 Meter.

Schutzmaßnahmen

Es gibt eine Reihe ausgezeichnete Schutzmaßnahmen, um einerseits das Potential einer Erosionsgefährdung auf den Flächen direkt zu verringern, andererseits den Eintrag in die Gewässer zu reduzieren. Wenn auch die quantitativen Wechselwirkungen verschiedener Maßnahmen im Detail noch nicht bekannt sind, so sind doch die Effekte im Allgemeinen gut beschrieben.

Man weiß z.B., dass bei Anwendung von Mulch- oder Direktsaat eine durchschnittliche Reduktion des Bodenabtrags auf der Fläche in einer Größenordnung von mehr als 2/3 des ursprünglichen Bodenabtrags zu erwarten ist (STRAUSS et al. 2003, STRAUSS und SCHMID 2004). Es hat sich auch gezeigt, dass geeignete Maßnahmen bereits bei geringem

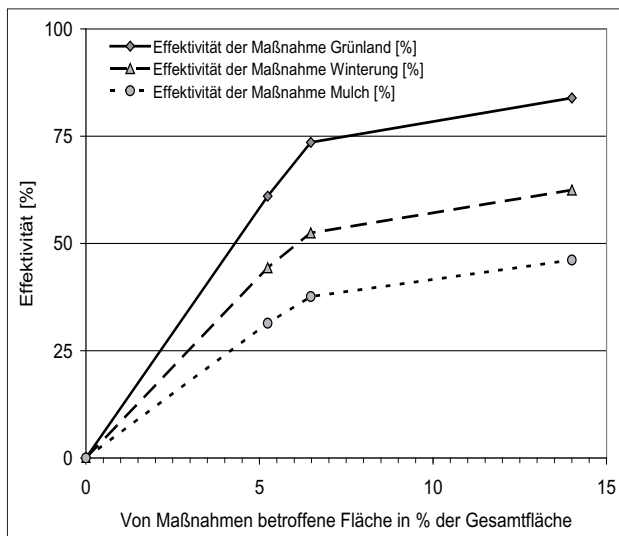


Abbildung 5: Effektivität von Grünlandnutzung, Anbau einer Winterung statt Hackfrucht und Mulchsaat bei Hackfrucht bei Anwendung auf kritischen Flächen im Einzugsgebiet Petzenkirchen

Flächenverbrauch dann hocheffizient sind, wenn sie an geeigneter Stelle (=kritische Fläche) angewendet werden (STRAUSS et al. 2007). *Abbildung 5* zeigt diesen Fall für das Einzugsgebiet Petzenkirchen, wo bereits ca. 15% der Gesamtfläche ausreichen, um eine Reduktion des Stoffeintrags um bis zu 80% zu erreichen. Für den Bereich des gewässernahen Rückhalts von Phosphor und Schwebstoff können Gewässerrandstreifen dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn sie über eine gewisse Mindestbreite (30 m) verfügen und wenn sichergestellt wird, dass der Eintrag in den Gewässerrandstreifen in möglichst flächiger Form erfolgt. Es muss allerdings Sorge getragen werden, dass nicht bereits im Zuge des Abflussprozesses innerhalb eines Einzugsgebietes eine Bildung von linearen Abflussbahnen (Gräben etc.) erfolgt, dann nämlich ist der Einsatz von Gewässerrandstreifen, so wie er derzeit in ÖPUL gefördert wird, in Frage zu stellen (HÖSL 2009).

Literatur

- daNUbs, 2003: Water balance calculations for the case study regions in Austria, Hungary and Romania. Deliverable 1.1. of the daNUbs project (EVK1_CT-2000-00051).
- HÖSL, R., 2009: Analyse von linearen Abflusswegen und ihr Einfluss auf die Effektivität von Gewässerrandstreifen. Diplomarbeit, Universität Wien.
- QUINTON, J.N., P. STRAUSS, N. MILLER, E. AZAZOGLU, M. YLIHALLA and R. UUSITALO, 2003: The potential for soil phosphorus tests to predict phosphorus losses in overland flow. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 166, 432-437.
- STRAUSS, P. and E. KLAGHOFER, 2001: Effects of soil erosion on soil characteristics and productivity. *Die Bodenkultur*, 52: 2, 147-153.
- STRAUSS, P. und A. PEINSITT, 2002: Die erosiven Niederschläge des März 2002 und ihre Folgen in zwei landwirtschaftlich genutzten Kleineinzugsgebieten. ALVA-Jahrestagung 2002 „Lebensmittelsicherheit pflanzlicher Produkte Obst, Wein, Gemüse“, Klosterneuburg, 27.-29.5.2002, 259-261.
- STRAUSS, P., D. SWOBODA and W.E.H. BLUM, 2003: How effective is mulching and minimum tillage to control runoff and soil loss. Proceedings of „25 Years of Assessment of Erosion, Ghent, 22-26 September 2003, 545-550.
- STRAUSS, P. und G. SCHMID, 2004: Einfluss von Saattechnik und Zwischenfrucht auf den Oberflächenabfluss und die Bodenerosion im Zuckerrübenbau. *Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft*, 20, 91-109.
- STRAUSS, P., A. LEONE, M.N. RIPA, N. TURPIN, J.M. LESCOT and R. LAPLANA, 2007: Cost-Effectiveness of various Best Management Practices to mitigate phosphorus and sediment transfer at the watershed scale. *Soil Use and Management*, 23 (Suppl. 1), 144-153.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH, 1978: Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.