Peter Trinkaus - Christine Rinesch

Auswirkungen von Rodungen auf verschiedene bodenökologische Parameter in Energieholzkulturen

1. Einleitung

Energieholzkulturen gelten laut §1 (5) der Forstgesetznovelle 1987 nicht als Wald, wenn sie innerhalb von 10 Jahren nach der Bestandesbegründung als solche angemeldet werden und die Umtriebsintervalle (= Zeitraum zwischen zwei Holzernten) nicht länger als 30 Jahre betragen.

Im letzten Jahrzehnt wurden ökologische Untersuchungen in Energieholzkulturen auf Versuchsflächen in Krottendorf bei Weiz und in Nestelbach bei Graz (beides Oststeiermark) durchgeführt, und zwar unter Berücksichtigung folgender Parameter: Auswirkungen auf das Kleinklima, Bodenphysik (Aggregatstabilität), Bodenchemie, Bodenenzymatik (Bodenrespiration, Zelluloseabbau), Vegetation (Gefäßpflanzen), Bodenmesofauna, Avifauna, Ertrag (Holz, Rinde), Heizwertbestimmung, Energiebilanzierung, Laubmassen, Wurzelmassen, phytopathogene Organismen. Basierend auf diesen Ergebnissen konnten Aussagen über die Ökologie derartiger Kulturpflanzenbestände getroffen und die Energieholzkulturen natur- und umweltschutzfachlichen Bewertungen unterzogen werden (Wutzl & al. 1992, Katter & al. 1993, Trinkaus & Rinesch 1994, Trinkaus & al. 1995, Trinkaus 1996, Rinesch & Trinkaus 1997, Trinkaus 1997, Trinkaus 1998, Trinkaus & Rinesch 1999).

2 Jahre hindurch wurden auf der Versuchsfläche in Krottendorf bei Weiz in erster Linie die Auswirkungen von Rodungen auf die Bodenökologie untersucht. Ein Jahr nach der Ernte, hatte ein Ascomycet (Cryptodiaporthe populea – Nomenklatur nach Ellis & Ellis 1985) in den Pappelflächen ein Absterben der meisten Klone verursacht (siehe auch Trinkaus & Rinesch 1999), sodass ein Großteil der Parzellen mit einer Ribiselfräse gerodet werden musste. Balsam-Pappeln beziehungsweise deren Hybriden (beispielsweise der Oxfordklon: Populus maximowiczii x berolinensis) erwiesen sich verglichen mit Schwarzpappelklonen als wesentlich resistenter (siehe diesbezüglich auch Butin 1989, Trinkaus 2000) und mussten nicht gerodet werden. Die Rodungsparzellen wurden anschließend mit aus Belgien stammenden Pappelklonen bepflanzt (im folgenden Text „Rodungsflächen“ oder „Rodungsparzellen“ genannt). Als Vergleichsflächen wurden die mit dem Oxfordklon

bepflanzten Parzellen (im weiteren Text als „Pappelflächen“ oder „Pappelparzellen“ bezeichnet) herangezogen.

2. Material und Methoden

Die Österreichische Bodenkartierung, Kartierungsbereich Weiz (Bundesanstalt für Bodenwirtschaft 1985) ordnet Böden der Untersuchungsflächen der Bodenform 14 zu. Diese Bodenform wird als entwässerter, kalkfreier Gley (wsG) charakterisiert und ist im Kartierungsbereich Weiz an allen größeren Gerinnen auf der Höheren Austufe außer im Passailer Becken, auf Hangschleppen, Schwemmfächern und Talböden anzutreffen. Die Wasserverhältnisse werden durch folgende Eigenschaften charakterisiert: mäßig feucht, zum Teil feucht durch Druckwasser, mäßige Durchlässigkeit und mäßige Speicherkraft, mäßige Überstauungsgefährdung und langsames Abziehen des Wassers. Sowohl bei Acker-, wie auch bei Grünlandnutzung ist der Boden erschwert befahr- und bearbeitbar. Die pH-Werte der Böden auf den Pappelflächen in Krottendorf bei Weiz liegen im neutralen bis schwach sauren Bereich (siehe Katter & al. 1993).

Das Klima im Untersuchungsgebiet ist dem Übergangsklima der "Terrassenstufe" zuzuordnen und wird als sommerwarm, mäßig winterkalt und schwach kontinental eingestuft (Wakonigg 1978).

Für die Analyse der Gehalte an mineralisiertem Stickstoff wurden jeweils Mischproben aus 5 Einstichen herangezogen. Die Probenahmen erfolgten im ersten Untersuchungsjahr nach der Rodung vier mal und zwar in zwei unterschiedlichen Tiefenstufen, nämlich 0-25 cm und 25-50 cm. Im zweiten Untersuchungsjahr wurde die Bestimmung des Gehaltes an mineralisiertem Stickstoff insgesamt dreimal wiederum für die beiden Tiefenstufen 0-25 cm und 25-50 cm durchgeführt. Die chemischen Analysen erfolgten in der Landwirtschaftlich Chemischen Versuchs- und Untersuchungsanstalt der Steiermark.

Zur Messung der Bodenatmung (Maß für die mikrobielle Aktivität von Böden) wurde die Laboratoriumsmethode nach Isermayer 1951 gewählt. In beiden Untersuchungsjahren wurden zu 3 Terminen Bodenproben entnommen. Die Anzahl der Stichproben betrug sowohl für die Pappelparzellen als auch für die Rodungsparzellen jeweils 12.

Die Aggregatstabilität wurde nach der Nass-Siebmethode von Kemper & Koch 1966 in der Modifikation von Murer & al. 1993 ermittelt. Mit einem Handspaten wurden pro Parzelle insgesamt sechs Einstiche vorgenommen, wobei das dabei gewonnene Bodenmaterial zu je zwei Mischproben vermengt wurde. Im Labor wurden die Proben in Papierschiffchen bei Zimmertemperatur getrocknet. Aus den luftgetrockneten Bodenproben wurde eine Fraktion

mit einem Durchmesser von 1-2 mm ausgesiebt. Pro Mischprobe wurden drei Einzelbestimmungen durchgeführt und der Median der prozentuellen Aggregatstabilitätswerte ermittelt. Nur diese Medianwerte wurden in der weiteren statistischen Auswertung berücksichtigt. Die Zeitspanne zwischen der Probenahme und der Bestimmung der Stabilitätswerte wurde auf drei Wochen beschränkt. Dadurch wird eine Verzerrung der Messwerte, die sich bei verschieden langer Lagerung der Proben ergeben kann, ausgeschlossen. Bei längerer Lagerung erhöhen sich nämlich die Aggregatstabilitätswerte (siehe Kemper & Koch 1966, Rechberger 1992).

Zur Bestimmung der Wurzelmassen wurde die Monolithmethode (Dimensionen des Wurzelstechers: Zylinder: Höhe 10 cm, Radius: 3,25 cm) nach Böhm 1979 angewandt. In den Rodungsparzellen und den Pappelflächen erfolgten je 8 Einstiche bis in eine Tiefe von 80 cm. Die Wurzeln wurden mittels eines Wurzelselektors vom anhaftenden Erdreich gesäubert und bei einer Temperatur von 105 Grad Celsius 24 Stunden getrocknet. Anschließend wurde das Trockengewicht bestimmt. Da es aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich ist, Wurzeln, Wurzelstöcke und Rhizome voneinander zu trennen, wurde in Anlehnung an Ellenberg 1986 die Gesamtheit der unterirdischen Phytomasse als „Wurzelmasse“ bezeichnet.

Die Probenahmen für die bodenfaunistischen Untersuchungen erfolgten im ersten Untersuchungsjahr für die Rodungsflächen und die Pappelflächen je 4 mal (1x vor der Rodung, 3x nach der Rodung) und im zweiten Untersuchungsjahr je 3 mal. Die Probenanzahl betrug zu jedem der Termine für beide Versuchsvarianten je 6. Die Bodenprobenentnahme für die faunistischen Untersuchungen erfolgte mit einem Bodenstecher, der die Entnahme einer ungestörten Schicht der oberen 10 cm ermöglicht. Das Volumen beträgt 1000 cm^3. Die Bodenfauna wurde mit dem Berleseverfahren ausgelesen. Die ausgelesenen Tiere wurden in Isopropylalkohol fixiert und mit dem Stereomikroskop nach Tiergruppen bestimmt, und zwar nach Stresemann 1986 und Dunger 1983, Dunger & Fiedler 1989.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgt mit dem U-Tests nach Wilcoxon, Mann und Whitney und mit dem Rangkorrelationstests nach Spearmann (Sachs 1984). Aussagen, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 5% getroffen werden, werden nach Ramm & Hofmann 1982 als signifikant bezeichnet.

Sämtliche Einzelwerte der bodenphysikalischen, bodenchemischen, bodenbiochemischen und bodenfaunistischen Untersuchungen sowie der Wurzelmasseuntersuchungen sind Trinkaus & al. 1995 zu entnehmen. Im Rahmen dieser Arbeit werden die jeweiligen Mittelwerte angeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Mineralisierter Stickstoff (Nmin)

In den Rodungsparzellen kommt es nach der Rodung zu einem deutlichen Anstieg der Nmin-Werte. Sowohl in 0-25 cm Bodentiefe, als auch in der Tiefenstufe 25-50 cm sind die Mengen an mineralisiertem Stickstoff in den Rodungsparzellen das ganze erste Untersuchungsjahr hindurch wesentlich höher als in den Pappelflächen.

Beim ersten Beprobungstermin im April sind jedoch die Unterschiede in beiden Tiefenstufen noch nicht signifikant. Im Mai und im Juli liegen die Werte der Rodungsparzellen in beiden Tiefenstufen signifikant höher als die der Pappelparzellen, wobei die Unterschiede der Mittelwerte sehr deutlich sind, zum Beispiel 114,2 kg/ha in den Rodungsparzellen gegenüber 17,8 kg/ha in den Pappelparzellen (Mai; 0-25 cm) und 47,2 kg/ha in den Rodungsparzellen gegenüber 7,3 kg/ha in den Pappelparzellen (Juli 25-50 cm). Zum Herbsttermin sind nur mehr in der Tiefenstufe 25-50 cm signifikant höhere Werte in den Rodungsparzellen festzustellen.

Wesentlich geringer als im ersten Untersuchungsjahr sind die Unterschiede bezüglich der Nmin-Werte im folgenden Jahr. Signifikante Unterschiede zwischen den Rodungsflächen und den Pappelparzellen sind in keiner der beiden Tiefenstufen und zu keinem der drei Termine festzustellen. So liegt beispielsweise der Mittelwert aus allen 3 Beprobungsterminen für die Tiefenstufe 0-25 cm in diesem Jahr in den Rodungsparzellen bei 30,4 kg/ha und in den Pappelparzellen bei 28,8 kg/ha und für die Tiefenstufe 25-50 cm für beide Varianten bei je 22,7 kg/ha.

3.2 Aggregatstabilität

Da bereits ausreichend Ergebnisse über die signifikant höheren Aggregatstabilitätswerte von Böden in Energieholzkulturen verglichen mit denen frisch umgebrochener Böden vorlagen (die Ergebnisse von Wutzl & al. 1992 wurden bestätigt durch spätere Arbeiten von Joslin & Schoenholz 1997, Thornton & al. 1998), wurde von Probenahmen im Jahr, in dem die Rodung erfolgte, abgesehen.

Im Juli 1994 sind für die Tiefenstufe 0-10 cm signifikante Unterschiede zwischen der Aggregatstabilität in den Pappelparzellen (Mittelwert: 93,24%) und der in den Rodungsparzellen (Mittelwert: 89,40%) festzustellen.

Auch zum Oktobertermin sind für die Tiefenstufe 0-10 cm signifikant höhere Aggregatstabilitätswerte in den Pappelparzellen (Mittelwert: 91,65%) als in den Rodungsparzellen (Mittelwert: 88,14%) gemessen worden.

Zwar liegen auch die für die Tiefenstufe 10-20 cm ermittelten Werte der Pappelparzellen (Mittelwerte: 93,58%, 91,64%) zu beiden Terminen höher als die Rodungsparzellen (Mittelwerte: 91,87%, 90,70%), allerdings konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die Rodung beeinflusst die Aggregatstabilität des Bodens in negativer Hinsicht. Die Auswirkungen der Rodung sind auch 1,5 Jahre danach noch deutlich messbar. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass die Aggregatstabilitätswerte der Rodungsparzellen noch immer weit höher liegen als vergleichsweise diejenigen in Äckern (siehe Wonisch 1993, Reinhofer & al. 1994, Steinlechner & al. 1995, Wonisch, Trinkaus & Wutzl 1995). Auch die vergleichenden Untersuchungen von Wutzl & al. 1992 in der Steiermark und Joslin & Schoenholz 1997 im Südosten der U.S.A. zeigen bezüglich der Aggregatstabilität sehr deutliche Vorteile von Energieholzkulturen gegenüber Äckern.

3.3 Bodenrespiration und Wassergehalt

Beim ersten Beprobungstermin nach der Rodung zeigen die aus den Pappelparzellen entnommenen Bodenproben (Mittelwert: 3,24) wesentlich höhere Respirationswerte, als die aus den Rodungsparzellen (Mittelwert: 1,81). Die prüfstatistische Auswertung ergab für diesen Termin signifikante Unterschiede. Betrachtet man in diesem Zusammenhang den Bodenwassergehalt der oberen 5 cm der Versuchsflächen zum selben Termin, so fällt auf, dass auch hier auf dem selben Niveau signifikante Unterschiede zwischen den gerodeten Flächen und den Pappelflächen festzustellen sind. Auch hier sind die Werte der Pappelparzellen höher.

Weder zum zweiten (September), noch zum dritten Untersuchungstermin (Oktober) konnten die Unterschiede bezüglich der Bodenatmungswerte bestätigt werden. Zu keinem der beiden Termine konnten jedoch zwischen den zwei Varianten auf dem 5%-Niveau signifikante Unterschiede festgestellt werden. Im September liegen die Atmungswerte der Pappelflächen (Mittelwert: 4,10) noch etwas höher als die der Rodungsflächen (Mittelwert: 3,51), während im Oktober der Mittelwert der Rodungsflächen (Mittelwert: 5,09) praktisch gleich hoch ist wie der der Pappelparzellen (Mittelwert: 5,08).

Im zweiten Untersuchungsjahr sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Varianten festzustellen. Im Mai weisen die Bodenproben generell sehr niedrige Mittelwerte

auf (Pappelparzellen: 0,94; Rodungsparzellen: 0,75). Wie auch im Vorjahr zeigen die Bodenproben der Rodungsparzellen zum Maitermin signifikant niedrigere prozentuale Wassergehalte als die der nicht gerodeten Pappelparzellen. Im Oktober sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Pappelparzellen (Mittelwert: 2,73) und den Rodungsparzellen (Mittelwert: 2,70) festzustellen. Dies gilt auch für den letzten Beprobungstermin im November (Mittelwert der Pappelparzellen: 3,42; Mittelwert der Rodungsparzellen: 3,70). Bereits in Katter & al. 1993 wurde auf den starken Anstieg der Bodenrespiration (unter Laborbedingungen) im Herbst hingewiesen. Die Überprüfung des stochastischen Zusammenhanges zwischen dem Wassergehalt und den Bodenrespirationswerten für die einzelnen Versuchsvarianten ergab, dass nur in den wenigsten Fällen ein signifikanter positiver Zusammenhang besteht. Nur bei sehr geringen Wassergehalten sind diesbezügliche Abhängigkeiten feststellbar (siehe auch Katter & al. 1993).

3.4 Bodenmesofauna

Im ersten Untersuchungsjahr kommt es auf den Rodungsparzellen zu einem deutlichen Rückgang an Tiergruppen in der Bodenmesofauna und zwar zu allen 3 Beprobungsterminen. Die Unterschiede sind im Frühjahr am deutlichsten, während im Herbst nur mehr geringe Unterschiede festzustellen sind. Bei den Individuenzahlen liegen die Rodungsparzellen ebenfalls deutlich hinter den Pappelparzellen und auch diesbezüglich ist festzustellen, dass diese Unterschiede im Herbst wesentlich geringer sind.

Für das zweite Untersuchungsjahr ist festzuhalten, dass sowohl hinsichtlich der Individuenzahlen, als auch bezüglich der Artenzahlen (Anzahl an Tiergruppen) keine Unterschiede feststellbar sind. Die Verhältnisse sind in diesem Jahr viel ausgeglichener als unmittelbar nach der Rodung, nach der sich ein drastischer Rückgang bezüglich der Artenvielfalt der Bodenmesofauna in den Rodungsparzellen verzeichnen ließ (Trinkaus & al. 1995).

3.5 Wurzelmassen

Im ersten Untersuchungsjahr wurde auf eine Beprobung, angesichts des ackerähnlichen Habitus der Rodungsparzellen und daraus resultierenden sehr geringen Wurzelmassen, verzichtet.

Die Rodungsparzellen unterscheiden sich im zweiten Untersuchungsjahr bezüglich ihrer Gesamtwurzelmassen nur geringfügig von den Pappelparzellen. Dies liegt einerseits daran,

dass 4 der 8 Einstiche in den Pappelparzellen in Bereichen erfolgten, in denen die Ausfälle sehr hoch waren und andererseits daran, dass insbesondere in Energieholzkulturen, wie auch in anderen von Phanerophyten dominierten Ökosystemen, die Wurzelmassewerte eine extrem weite Streuung (daher erfolgten hier auch keine Hochrechnungen auf kg/ha) aufweisen.

Vergleicht man jedoch den Bereich in den Pappelparzellen, der eine geschlossene Strauchschicht aufweist (Mittelwert: 3,13 g/Einstich), mit den Rodungsparzellen (Mittelwert: 1,11 g/Einstich), so sind trotz der geringen Stichprobenanzahl schwach signifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit: kleiner als 10 aber größer als 5%) höhere Werte in den Pappelparzellen festzustellen.

Bezüglich der Unterschiede im Tiefenverlauf ist festzustellen, dass die Wurzeln in den Rodungsparzellen die tieferen Horizonte kaum erschließen. Die Art der Tiefenverteilung ähnelt eher der in einem Dauergrünland oder auch, bedingt durch den hohen Anteil annueller Arten, der in einem Acker (vergleiche Katter & al. 1993, Santner 1995). Im Gegensatz dazu zeigen die Wurzelmassen in den Pappelparzellen einen für Energieholzkulturen typischen Tiefenverlauf (siehe Trinkaus & al. 1995).

4. Diskussion

Die Auswirkungen der Rodung auf verschiedene bodenökologische Parameter in Energieholzkulturen sind zu untergliedern in kurzfristig und längerfristig wirksame Beeinträchtigungen. Zusätzlich zu dieser Beeinflussung bodenökologischer Parameter haben Rodungen auch auf die Artenzusammensetzung in der Krautschicht einen starken Einfluss, und zwar in Form einer deutlichen Zunahme bezüglich des Artenreichtums und des Deckungsgrades ubiquitärer Therophyten. Allerdings ist die diesbezügliche naturschutzfachliche Wertigkeit von Energieholzkulturen ohnehin als gering einzustufen (Hubmann 1994, Trinkaus 1996, Trinkaus 1998, Trinkaus & Rinesch 1999). Schwerwiegender sind die Auswirkungen von Rodungen aus avifaunistischer Sicht. Besonders während der Brutzeit wirken sich derartige Eingriffe äußerst negativ auf die Vogelwelt aus (siehe Rinesch & Trinkaus 1997).

Die Auswirkungen von Rodungen auf die Bodenökologie ähneln in vielerlei Hinsicht denen von Holzernten in Energieholzkulturen, sind jedoch bezüglich einiger Parameter (z.B.: Wurzelmassen, Aggregatstabilität) als gravierender einzustufen (Rinesch & Trinkaus 1997). Kurzfristige Beeinträchtigungen durch Rodungen sind bezüglich der Nmin-Werte (höhere

Werte auf den Rodungsparzellen), der Bodenrespirationswerte, des Artenreichtums und der Individuenzahlen in der Bodenmesofauna feststellbar.

Längerfristige negative Auswirkungen sind bezüglich des Deckungsgrades der Vegetation, der Aggregatstabilität und der Wurzelmassen sowie der Tiefenverteilung der Wurzelmassen festzustellen. In Anbetracht dieser Tatsachen gehen Rodungen mit einer erhöhten Erosionsgefahr einher und sollten in Hanglagen möglichst selten erfolgen (Wutzl & al. 1992). Kumpfmüller 1990 empfiehlt zur Minimierung der Erosionsgefahr den Verzicht auf großflächige Rodungen, einen Zwischenfruchtanbau und das gleichzeitige Roden nur weniger Baumreihen. Großflächige oder in kurzen Abständen erfolgte Rodungen sind aus der Sicht des Umwelt- und Naturschutzes als problematisch einzustufen (Rinesch & Trinkaus 1997). Daher sollte man, um möglichst lange Rotationszeiten zu erzielen, bereits bei der Bestandesgründung besonderes Augenmerk auf die Schaffung möglichst stabiler Bestände legen (Umweltforum 1992). Generell sind Varianten mit längeren Umtriebszeiten (bei Weiden: mindestens 4 Jahre; bei Pappeln, Erlen, Robinien, etc.: mindestens 10 Jahre) zu bevorzugen, damit die beschriebenen vielseitigen Vorteile von Energieholzkulturen gegenüber Äckern aus der Sicht des Umweltschutzes, nämlich positive Wirkung auf das Landschaftsbild, Vernetzung naturnaher Biotope, Erosionsschutz, Grundwasserschutz, Artenschutz (Avifauna), Humusaufbau, Reduktion des Pestizid- und Herbizideinsatzes, um nur einige herauszugreifen (siehe Wutzl & al. 1992, Katter & al. 1993, Joslin & Schoenholz 1997, Abrahamson & al. 1998, Ledin 1998, Sage 1998, Thornton & al. 1998, Tolbert & Wright 1998, Trinkaus 1998, Trinkaus & Rinesch 1999), nachhaltig wirksam sind.

Danksagung:

Das der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende Forschungsprojekt wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt.

Literatur:

- ABRAHAMSON L.P., ROBISON D.J., VOLK T.A., WHITE E.H., NEUHAUSER E.F., BENJAMIN W.H. & PETERSON J.M. 1998: Sustainability and environmental issues associated with willow bioenergy development in New York (U.S.A.).- Biomass and Bioenergy 15: 17-22.

- BÖHM W. 1979: Methods of studying root systems.- Berlin, Heidelberg, New York.
- BUTIN H. 1989: Krankheiten der Wald- und Parkbäume.- 2. Aufl., Stuttgart, New York.
- Bundesanstalt für Bodenwirtschaft 1985: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000. Kartierungsbereich WEIZ Steiermark. KB 99.- i.A. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- DUNGER W. 1983: Tiere im Boden.- 3. Aufl., Wittenberg, Lutherstadt.
- DUNGER W. & FIEDLER H.J. 1989: Methoden der Bodenbiologie.- Stuttgart.
- ELLENBERG H., MAYER R. & SCHAUERMANN J. 1986: Ökosystemforschung - Ergebnisse des Soling Projektes.- Stuttgart.
- ELLIS M.B. & ELLIS J.P. 1985: Mikrofungi on land plants.- London, Sydney.
- ISERMAYER H. 1951: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden.- Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 56: 26-38.
- HUBMANN B. 1994: Vegetations- und bodenkundliche Untersuchungen in einem oststeirischen Schwarzerlen-Niederwald.- Diplomarbeit, Graz.
- JOSLIN J.D. & SCHOENHOLZ S.H. 1997: Measuring the environmental effects of converting cropland to short-rotation woody crops: a research approach.- Biomass and Bioenergy, 13, 4/5: 301-311.
- KATTER R., FRANZ C., RINESCH C., ROGEN D., TRINKAUS P. & WUTZL C. 1993: Ökologische Begleituntersuchungen zu den Steirischen Energiewaldversuchen.- Endbericht, Joanneum Research, Graz.
- KEMPER W. & KOCH E.J. 1966: Aggregatstability of soils from Western United States and Canada.- Tech. Bull. 1355: 1-25.
- KUMPFMÜLLER M. 1990: Grundsätze für Energieholzkulturen aus der Sicht des Umweltschutzes.- In: Katter R. (Hrsg.): Energieholzanbau in Theorie und Praxis.- Teil 4, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- LEDIN S. 1998: Environmental consequences when growing short rotation forests in Sweden.- Biomass and Bioenergy, 15: 49-56.
- MURER E.J., BAUMGARTEN A., EDER G., GERZABEK M.H., KANDELER E. & RAMPAZZO N. 1993: An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS).- Geoderma 56: 539-547.
- PELZMANN G. 1991: Produktion von Holz mit raschwüchsigen Baumarten im Kurzumtrieb und gezielter Biomasseproduktion für Energiegewinnung.- Bericht, LK f. Land- und Forstwirtschaft, Graz.

- RAMM B. & HOFMANN G. 1982: Biomathematik.- 2. Aufl., Stuttgart.
- RECHBERGER A. 1992: Untersuchungen über Bodenstruktur, Aggregatstabilität und Ackerbegleitflora an fünf Maisstandorten der Mittelsteiermark mit ökologischer Auswertung.- Diplomarbeit, Graz.
- REINHOFER M., TRINKAUS P., STUHLBACHER A., WONISCH A. & LIBAL B. 1994: Studie zur Kompostierung von Biomüll und die Verwendung in der Landwirtschaft und dessen Auswirkungen auf den Boden.- Endbericht, Joanneum Research, Graz.
- RINESCH C. & TRINKAUS P. 1997: Großflächige Ernten von Energieholz vermeiden.- Österreichische Forstz. 10: 39-40.
- SACHS L. 1984: Angewandte Statistik.- 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.
- SAGE R.B. 1998: Short rotation coppice for energy: towards ecological guidelines.- Biomass and Bioenergy, 15: 39-49.
- SANTNER E. 1994: Die Wurzelentwicklung von Winterweizen und Mais auf Braunerdeböden im Leibnitzer Feld im Zusammenhang mit Sickerwasserverhalten und Nitratgehalt in und unterhalb der durchwurzelten Zone.- Diplomarbeit, Univ. Graz.
- STEINLECHNER E., KATTER R., TRINKAUS P., DULLNIG G., MAYER H., STUHLBACHER A. & WONISCH A. 1995: Einsatz von Stallmist und Mistkompost im Acker-/Grünlandgebiet und dessen Einfluß auf Pflanzen und Boden unter bilanzierter Betrachtung der Nährstoffe in einem biologisch geführten Betrieb.- Bericht, Joanneum Research, Graz.
- STRESEMANN E. [Hrsg.] 1986: Exkursionsfauna für die Gebiete der DDR und BRD.- Band 2/2 Wirbellose, Insekten - 2. Teil, 5.Aufl., Berlin.
- THORNTON F.C., JOSLIN J.D., BOCK B.R., HOUSTON A., GREEN T.H., SCHOENHOLZ S., PETTRY D. & TYLER D.D. 1998: Environmental effects of growing woody crops on agricultural land: first year effects on erosion, and water quality.- Biomass and Bioenergy, 15: 57-70.
- TOLBERT V.R. & WRIGHT L.L. 1998: Environmental enhancement of U.S. biomass crop technologies: research results to date.- Biomass and Bioenergy, 15: 93-100.
- TRINKAUS P., KATTER R. & RINESCH C. 1995: Ökologische Begleituntersuchungen zu den Steirischen Energiewaldversuchen unter besonderer Berücksichtigung von Ernte und Rodung.- Bericht, Joanneum Research, Graz.
- TRINKAUS P. & RINESCH C. 1994: Energiewald - Ökologische Untersuchungen und Bewertung.- In: Bundesmin. Land- und Forstwirtschaft (Hrsg): Thermische Ganzpflanzennutzung: 163-173.

- TRINKAUS P., RINESCH C., KATTER R., LIBAL B. & WONISCH A. 1995: Ökologische Begleituntersuchungen zu den Steirischen Energiewaldversuchen unter besonderer Berücksichtigung von Ernte und Rodung.- Endbericht, Joanneum Research, Graz.
- TRINKAUS P. 1996: Untersuchungen zur Diversität von naturnahen und anthropogen intensiver beeinflußten Ökosystemen in der Oststeiermark.- Diss. Univ. Graz.
- TRINKAUS P. 1997: Energieholzkulturen auf ausgewählte Flächen beschränken.- Österreichische Forstz., 10: 41-42.
- TRINKAUS P. 1998: Short rotation forestry: discussion of 10 Austrian principles from the viewpoint of preservation of environment and nature.- Biomass and Bioenergy, 15: 109-114.
- TRINKAUS P. & RINESCH C. 1999: 10 Jahre "Energiewaldforschung": Ergebnisse der ökologischen Begleituntersuchungen zu den Energieholzversuchen.- Mitt. Nat. wiss. Ver. Steiermark, 129: 97-110.
- TRINKAUS P. 2000: Phytopathologische Untersuchungen von Pappeln in Energieholzkulturen.- Der Förderungsdienst, 9: 310-312.
- Umweltforum 1992: Expertengutachten Energiewaldforschung.- Endbericht, BMWF Wien.
- WAKONIGG H. 1978: Witterung und Klima in der Steiermark.- DBV-Verlag, TU Graz.
- WONISCH A. 1993: Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsweisen auf die Bodenökologie mit spezieller Berücksichtigung der bodenphysikalischen und beikrautsoziologischen Verhältnisse.- Diplomarbeit, Graz.
- WONISCH A., TRINKAUS P. & WUTZL C. (1995): Einfluß unterschiedlicher Bodenbewirtschaftungsweisen auf die Aggregatstabilität.- Die Bodenkultur, 46, 2: 99-106
- WUTZL C., BERGHOLD H., NESTROY O. & TRINKAUS P. (1992): Untersuchung der Auswirkungen von Energieholzpflanzungen auf das Erosionsverhalten landwirtschaftlicher Böden.- Endbericht, Joanneum Research, Graz.

Autoren:

Mag. Dr. Peter Trinkaus

Joanneum Research, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme

Mauritzener Hauptstraße 3

A-8130 Frohnleiten

Mag. Dr. Christine Rinesch

Messendorfberg 202

A-8042 Graz