



**Thesen der Dissertation**

**BEGRÜNDUNG DER INKULTURNAHME DES ACKERSCHACHTELHALMES  
(*Equisetum arvense* L.)**

**Anita Kozak**

**Budapest  
2006**

**Name der** Interdisziplinäre (1. Naturwissenschaften /1.5.  
Biologiewissenschaften/ 4. Agrarwissenschaften /4.1.  
**PhD Schule:** Pflanzenbau- und Gartenbauwissenschaften) PhD  
Schule  
**Wiss. Bereich:** Pflanzenbau- und Gartenbauwissenschaften

**Leiter:** Professor János Papp  
  
Doktor der Wissenschaften  
  
Corvinus Universität Budapest  
  
Fakultät für Gartenbauwissenschaften

**Wiss. Leiter:** Lehrstuhl für Obstbau  
Professor Jenő Bernáth  
  
Doktor der Wissenschaften  
  
Corvinus Universität Budapest  
  
Lehrstuhl für Arznei- und Gewürzpflanzenbau

Die Kandidatin hat alle, den PhD Vorschriften der Corvinus Universität Budapest  
entsprechenden Bedingungen erfüllt. Ihre Dissertation ist zum Promotionsverfahren  
zulässig.

.....  
Leiter der PhD Schule

.....  
Wissenschaftlicher Leiter

## 1. VERSUCHSZIELE

Im Gegensatz zu West-Europa, wo der überwiegende Teil der Arznei- und Gewürzpflanzen aus kontrolliertem Anbau stammt, werden in Süd-Ost Europa vorwiegend aus Wildsammlung stammende Drogen gehandelt. Bis heute werden die Drogen zahlreicher, in bedeutenden Mengen gehandelter und in den letzten Jahren in Kultur genommener Heilpflanzen wie z.B. Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) und Brennnessel (*Urtica spp.*) überwiegend aus natürlichen Beständen gesammelt (Franz, 2000). Heute kann auch der Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.) zu diesen Pflanzen gezählt werden, denn die Schachtelhalmdroge gehört sowohl in Ungarn als auch im Ausland unter die zehn wichtigsten, aus Wildvorkommen gesammelten Heilpflanzen. In Ungarn werden jährlich 300 Tonnen Schachtelhalmkraut gesammelt, wovon ein Drittel exportiert wird (Németh und Bernáth, 2001).

Die Ausgangsstoffe der modernen Phytotherapeutika müssen immer strikter werdende Qualitätsauflagen erfüllen. Die aus Wildsammlungen stammenden Drogen können diesen stetig steigenden Anforderungen nicht immer gerecht werden. Sowohl als Konsequenz der immer häufiger auftretenden Qualitätsmängel, als auch zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit des Arzneipflanzenanbaus in Ungarn ist die Inkulturnahme von gefragten Pflanzenarten, welche noch nicht kultiviert werden als wichtige Maßnahme (bedeutende Alternative) anzusehen (Gimpl és Bernáth, 2003).

Die ständig steigende Nachfrage, der hohe Exportanteil und die sich häufenden Qualitätsmängel machen auch die Inkulturnahme von *Equisetum arvense* erforderlich. Obwohl der Ackerschachtelhalm in ganz Europa allgemein verbreitet ist und in vielen ackerbaulichen Kulturen als lästiges Unkraut vorkommt, wird die Pflanze bis heute nicht kultiviert. Ihre ökologische Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit bildeten einen entsprechend günstigen Ausgangspunkt für unsere Versuche bezüglich der Inkulturnahme.

Während des Studiums der Fachliteratur sind wir auf mehrere unrichtige Beschreibungen und Darstellungen gestoßen. Daher bestand unser erster Arbeitsschritt aus einem gründlichen und kritischen Literaturstudium.

Im weiteren Verlauf formulierten wir folgende Versuchsziele:

- Wir untersuchten die Produktionsparameter von verschiedenen Schachtelhalmherkünften in Ungarn mit der Zielsetzung, aussichtsreiche Populationen zu isolieren.
- Als ersten Schritt der Inkulturnahme untersuchten wir die Durchführbarkeit verschiedener Vermehrungsmethoden, sowohl unter Feilandbedingungen als auch im Labor. Für die Optimierung des Bestandaufbaus verfolgten wir im Verlauf der Vegetationsperiode die Entwicklung des vermehrten Versuchsmaterials.
- Zur Definition der optimalen Anbautechnologie untersuchten wir die Auswirkung der Wasserversorgung auf Wachstum und Produktion der Schachtelhalmpflanzen.
- Zur Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes führten wir in unserem Versuchsbestand in allen drei Versuchsjahren regelmäßige Drogenertrags- und Qualitätsuntersuchungen durch.
- Als Zusammenfassung unserer Versuchsergebnisse erstellten wir ein provisorisches Anbaumodell, welches die grundlegenden Parameter für einen erfolgreichen Schachtelhalmanbau beinhaltet.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.1. Freilandversuche

Die Freilandversuche wurden in den Jahren 2003-2006 an der Gartenbauwissenschaftlichen Fakultät der Corvinus Universität Budapest, in dem Versuchs- und Lehrwirtschaftsbetrieb des Institutes für Arznei- und Gewürzpflanzenbau durchgeführt.

#### 2.1.1. Vergleich von Klonen unterschiedlicher Herkunft

Zur Evaluation der Ackerschachtelhalm-Populationen in Ungarn sammelten wir in den Jahren 2003-2005 in 9 Gebieten, aus insgesamt 15 Populationen Pflanzenmaterial. Es wurde Vermehrungsmaterial von 4 Populationen in Transdanubien und in dem Gebiet Belső Somogy, jeweils von 2 Populationen im nördlichen Teil des Mittelgebirge und in dem Gebiet der nordöstlichen Tiefebene, weiters jeweils von 2 Populationen aus dem ELTE Botanischer Garten in Budapest und in dem Versuchs- und Lehrwirtschaftsbetrieb der Corvinus Universität Budapest gesammelt. Die aus insgesamt 22 Populationen stammenden und sich zum Zeitpunkt der Sammlung in einem unterschiedlichen phänologischen Stadium befindenden Rhizome wurden unmittelbar nach dem Einsammeln in 15 cm Pflanztiefe mit einem Pflanzabstand von 20x50 cm gesetzt. Die Wasserversorgung wurde mittels Tropfbewässerung gewährleistet. Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden die Anzahl der grünen Triebe/0,25m<sup>2</sup>, die Triebhöhe und der Drogenenertrag beobachtet. Im Falle jedes Klones wurde die Reinheitsprüfung mittels Dünnschichtchromatographie durchgeführt, weiters wurden Asche- und Sandgehalt und der Gehalt an Flavonoiden anhand der Vorgaben des VIII. Ungarischen Arzneibuches bestimmt.

#### 2.1.2. Vermehrungsversuche

Zur Bestimmung der optimalen Vermehrungsmethode untersuchten wir die Durchführbarkeit der vegetativen Propagation der Sporen, die Vermehrbarkeit mittels Micropropagation und die vegetative Vermehrung durch Rhizomenteilung (**1. Abbildung**). Auf die vegetative Vermehrung soll im weiteren näher eingegangen werden. Zur Untersuchung der Propagation mittels Rhizomstücke wurden im Sommer 2006 in einem vierfaktorialen Versuch mit 15 Wiederholungen Rhizomstücke mit 1, 2, und 3 Nodi, weiters mit jeweils einem sichtbaren Triebansatz in mit Gartenerde gefüllte Plastikbecher gepflanzt. Im Herbst 2006 wurden die Jungpflanzen mit 15 cm Setztiefe und einem Pflanzabstand von 10x50 cm in Freilandparzellen

eingepflanzt. 2007 wurden die Pflanzen zu einem Meßzeitpunkt (2007.06.02) evaluiert. In beiden Versuchsjahren wurden die Anzahl und die durchschnittliche Länge, der sich aus den Rhizomen entwickelnden grünen Triebe gemessen.

### 2.1.3. Optimierung des Bestandesaufbaus

Zur *Untersuchung der Wirkung des phänologischen Stadiums zum Zeitpunkt der Pflanzung* wurden im Herbst 2004 und im Frühling 2005 Schachtelhalmrhizome verpflanzt, welche sich teilweise noch in der Ruhephase und teilweise schon in der generativen Phase befanden. Die Versuche wurden unter Freilandbedingungen in Kleinparzellen durchgeführt.

Zur *Untersuchung der Wirkung der Pflanzung im Herbst und im Frühling* haben wir Equisetumrhizome gleicher Herkunft im Herbst und im darauffolgenden Frühling gepflanzt.

Die Rhizome wurden bei beiden Versuchen einen Tag nach dem Sammeln mit einer Pflanztiefe von 15 cm und einem Pflanzabstand von 20x50 cm gesetzt. Die Wasserversorgung wurde mittels eines Tropfbewässerungssystems gewährleistet. Während der Vegetationsperiode haben wir die Anzahl- und die durchschnittliche Länge der grünen Triebe, den Drogenertrag und den Gehalt an Flavonoiden verfolgt.

Zur *Ermittlung der optimalen Pflanztiefe* wurden in April 2004 aus Perkupa stammenden, im generativen Stadium befindlichen Schachtelhalmrhizome den Versuchskombinationen entsprechend in 2 Pflanztiefen (15 cm und 30 cm) gesetzt. Die Pflanzen wurden wöchentlich mit einer Wassermenge von 40 mm/m<sup>2</sup> versorgt. Die morphologischen- und Ertragsuntersuchungen wurden in allen drei Versuchsjahren (2004-2006) mittels eines 0,25m<sup>2</sup> große Fläche definierenden Meßrahmens durchgeführt. Im Frühling des 2. und 3. Jahres wurden nach der Pflanzung die Anzahl der generativen Triebe zusätzlich erfasst. Ertragsuntersuchungen haben wir im Jahre 2004 an einem Zeitpunkt, im Jahre 2005 zu 3 Zeitpunkten und im Jahre 2006 an 5 Zeitpunkten durchgeführt.

### 2.1.4. Optimierung der Bestanderhaltungsparameter

Zur *Untersuchung der Wirkung der Bewässerungsart* pflanzten wir aus Perkupa stammenden Rhizome in Freilandparzelle. Die Pflanzen wurden gemäß den Versuchskombinationen wöchentlich jeweils mit der gleichen Wassermenge (40 mm), jedoch mit unterschiedlichen Systemen (Beregnung, Tropf- und Untergrundbewässerung) wasserversorgt. Die morphologischen und Ertragsuntersuchungen wurden analog zu den bei der Untersuchung der Wirkung der Pflanztiefe beschriebenen Methoden durchgeführt.

Die *Auswirkung der unterschiedlichen Wassermengenversorgung* wurde in einem dreifaktoriellen Freilandversuch in Versuchspartzen mit Tropfbewässerung in den Jahren 2005-2006 untersucht. Die sich im generativen Stadium befindenden Schachtelhalmrhizome wurden im Frühling 2005 mit 20 cm Pflanzabstand auf beide Seiten der Tropfbewässerung gepflanzt. Den Versuchskombinationen entsprechend wurden die Pflanzen (außer der unbewässerten Kontrollparzelle) wöchentlich mit jeweils 20, 40 und 80 mm Wassermenge versorgt. Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden Anzahl und Länge der grünen Triebe vermessen. Zur Ertragsmessung wurden in beiden Versuchsjahren jeweils zu einem Zeitpunkt (16.09. 2005; 19. 08. 2006) im Herbst die Triebe aller Partzen geerntet. Der Asche- und Sandgehalt, weiters der Gehalt an Flavonoiden wurde mittels Laboruntersuchungen bestimmt.

#### 2.1.5. Optimierung des Drogenertrages und der Drogenqualität

Zur *Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes* führten wir regelmäßig Ertragsuntersuchungen auf den zur Untersuchung der Wirkung der Bewässerungsmethode und der Pflanztiefe angelegten Partzen durch. Diese Vergleichsweise großen und homogenen Bestände machten einen relativ häufigen Schnitt möglich. Zum Modellieren des Pflanzenwachstums und zur Evaluation der Produktionseigenschaften wurde der Mittelwert der Versuchsdaten der Versuche zur Untersuchung der Wirkung der Bewässerungsmethode und der Pflanztiefe errechnet.

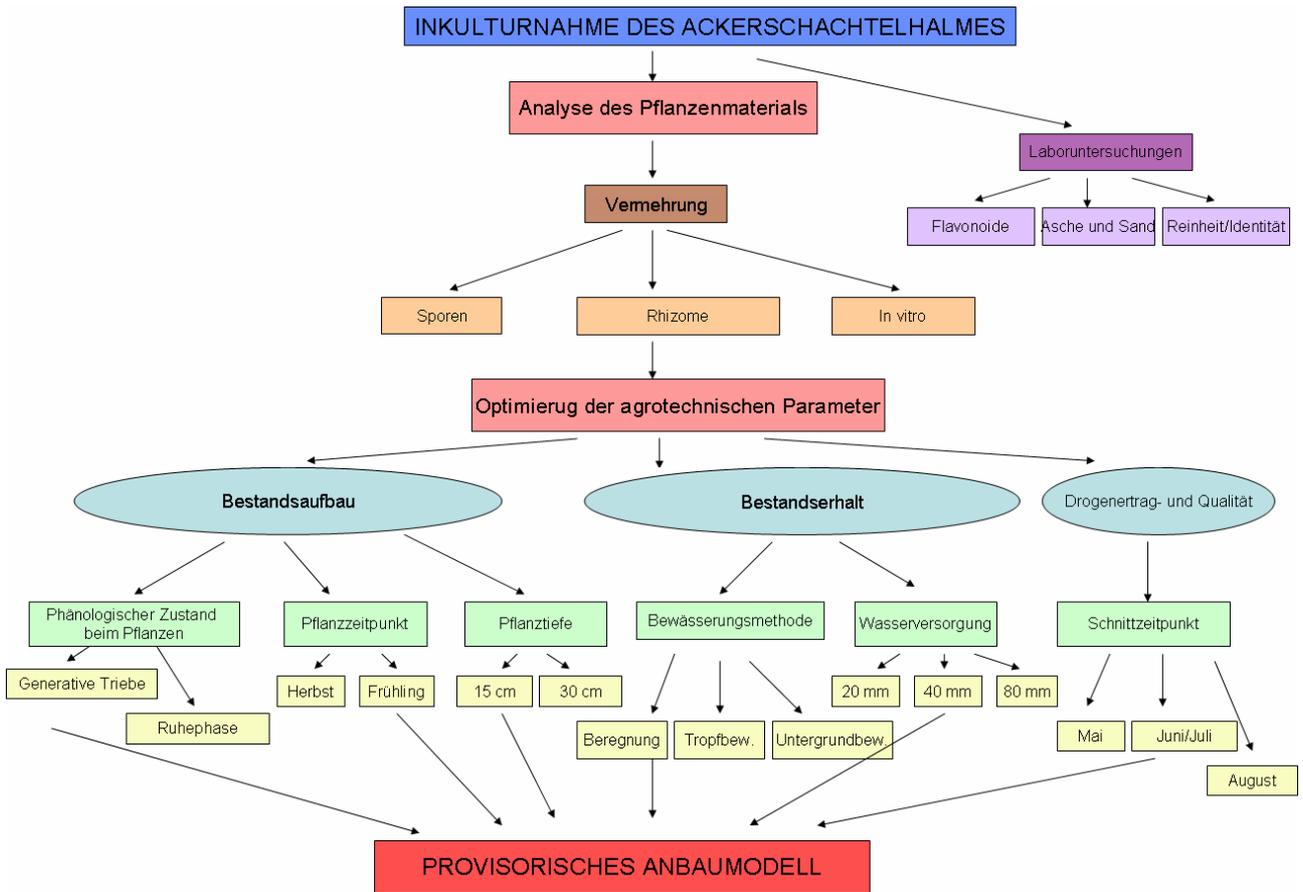
#### **2.2. Laboruntersuchungen**

Alle Laboruntersuchungen wurden am Institut für Arznei- und Gewürzpflanzenbau nach den Vorgaben des VIII. Ungarischen Arzneibuches durchgeführt.

Die ***Reinheits- und Identitätsuntersuchung*** der verschiedenen Herkünfte aus Ungarn wurde mittels Dünnschichtchromatographie durchgeführt, wobei die Reinheit der Schachtelhalmdroge aufgrund des typischen Flavonoidmusters des Ackerschachtelhalmes festgestellt werden konnte.

Die Qualität des Schachtelhalmdroge beeinflussenden ***Asche- und Sandgehaltes*** wurde in drei Wiederholungen gemessen.

Als Inhaltsstoffanalyse wurde der ***Flavonoidgehalt*** mittels photometrischer Methode auf 425 nm mit einem Spectrophotometer Typ SPECTRO UV-VIS DUAL BEAM (Split) gemessen.



1. Abbildung: Inkulturnahme des Ackerschachtelhalmes

### **3. ERGEBNISSE**

#### ***3.1. Vergleich der Klone unterschiedlicher Herkunft***

Beim Vergleich des Drogenertrages der Klone verschiedener Herkunft erwiesen sich die Herkünfte EA18 (30,4 g/0,25 m<sup>2</sup>) aus Pusztadobos und EA23 (24,5 g/0,25 m<sup>2</sup>) aus Lengyeltóti als Populationen mit hohen Ertrageigenschaften. Im Gegensatz dazu zeigten die Klone EA2, EA3, EA4 und EA10 niedrige Drogenträge. Im zweiten Versuchsjahr hatte sowohl EA18 als auch EA 23 einen höheren Drogenertrag als im dritten Standjahr. Bezüglich des Flavonoidgehaltes heben sich die Klone EA2, EA3 und EA4 hervor, dessen Flavonoidgehalt in 2004 in allen drei Fällen über 1 % lag. Der Inhaltsstoffgehalt wird neben dem Genotyp der Pflanzen vom Alter und vom jeweiligen Jahrgang ebenfalls beeinflusst. Allgemein gilt aber, dass der Inhaltsstoffgehalt der Pflanzen mit zunehmendem Alter kontinuierlich sinkt. Im Falle jedes perspektivischen Klones haben wir im ersten Jahr nach der Pflanzung den höchsten Inhaltsstoffgehalt gemessen und in den Folgejahren immer niedrigere Werte erhalten. Am Beispiel der Klone EA18 und EA23 lässt sich veranschaulichen, dass jeweils die Herkünfte mit der höchsten Biomasseproduktion die niedrigsten Inhaltsstoffwerte zeigen. Als einzige Ausnahme hatte EA11 neben einem durchschnittlichen Drogenertrag (19g/ 0,25 m<sup>2</sup>) hohe Inhaltsstoffwerte (0,9 %).

#### ***3.2. Bestimmung der optimalen Vermehrungsmethode***

Aus allen, mit unterschiedlicher Knotenanzahl bzw. sichtbarem Triebansatz gepflanzten Rhizomen entwickelten sich lebensfähige Jungpflanzen. Beim Vergleich der Triebanzahl und der Trieblänge erwies sich die Pflanzung mit 3 Nodi als die Erfolgreichste. Die Pflanzen dieser Versuchskombination hatten in beiden Versuchsjahren zu allen Meßzeitpunkten die höchste Triebzahl (2006: 32 Stk.; 2007: 13 Stk.). Die wenigsten Triebe wurden dagegen bei den mit nur einem Nodus gepflanzten Rhizomen gemessen (2006: 11 Stk.; 2007: 4 Stk.).

### ***3.3. Der Einfluss des phänologischen Stadiums zum Zeitpunkt der Pflanzung***

Im Allgemeinen wirkte sich die Pflanzung im generativen Stadium günstiger auf die Anzahl der grünen Triebe des Schachtelhalmes aus. Die mit Sporentrieben gepflanzten Rhizome hatten im ersten Standjahr 25 Triebe/0,25m<sup>2</sup> und im zweiten Standjahr 5 Triebe/0,25m<sup>2</sup> maximale Triebanzahl. Bei den im Ruhezustand gesetzten Pflanzen zählten wir dagegen sowohl im ersten als auch im zweiten Standjahr maximal 15 Triebe/0,25m<sup>2</sup>. Die Anzahl der Triebe wurde neben dem phänologischen Stadium vom Alter des Bestandes ebenfalls beeinflusst. Unabhängig vom Entwicklungsstadium zum Zeitpunkt der Pflanzung hatten die Schachtelhalme im ersten Standjahr mehr Triebe als in den Folgejahren.

In Betracht auf die Trieblänge erhielten wir – bei beiden untersuchten Herkünften – im zweiten Standjahr höhere Werte als im ersten Standjahr.

Der Drogenertag, der in unterschiedlichen Entwicklungsstadien gepflanzten Equisetum Pflanzen gestaltete sich bei den mit generativen Trieben gepflanzten Rhizomen ausgeglichener. Das Ertragsmaximum der in der Ruhephase gepflanzten Rhizome lag im ersten Standjahr bei 23 g/0,25 m<sup>2</sup> und im zweiten Standjahr bei 13 g/0,25 m<sup>2</sup>. Die mit generativen Trieben gepflanzten Schachtelhalme hatten dagegen im ersten Standjahr maximal 14 g/0,25 m<sup>2</sup> Ertrag und im zweiten Standjahr 17 g/0,25 m<sup>2</sup>.

Der Flavonidgehalt der in der Ruhephase gepflanzten Schachtelhalme lag bei beiden untersuchten Herkünften höher (0,7%) als der Wirkstoffgehalt der mit generativen Trieben gepflanzten Schachtelhalme (0,5%).

### ***3.4. Der Einfluss des Pflanzzeitpunktes***

Unabhängig von der Herkunft entwickelten sich die im Herbst gepflanzten Schachtelhalme besser als die im Frühling gepflanzten, wobei wir bei der letzteren Gruppe eine höhere Triebanzahl gemessen haben.

In Hinblick auf die Trieblänge gestaltete sich das Wachstum der Pflanzen komplexer, es konnte kein direkter Einfluss des Pflanzzeitpunktes auf die Trieblänge nachgewiesen werden.

Auf den Drogenertag hatte der Pflanzzeitpunkt unseren Untersuchungen nach ebenfalls keinen Einfluss.

Der Gehalt an Flavonoiden lag bei beiden untersuchten Herkünften bei den im Frühling gepflanzten Schachtelhalmen höher (Herbst: 0,5%; Frühling: 0,7%).

### **3.5. Einfluss der Pflanztiefe**

In allen drei Versuchsjahren hatten die 15 cm tief gepflanzten Schachtelhalme die höchste Anzahl an grünen Trieben. Im ersten Standjahr zählten wir maximal 60 Triebe/0,25m<sup>2</sup>, im zweiten Standjahr hatten diese Pflanzen schon über 100 Triebe/0,25 m<sup>2</sup> entwickelt.

Die durchschnittliche Trieblänge gestaltete sich auf beiden Versuchspartellen vergleichbar.

Der Drogenertrag der 15 cm tief gesetzten Pflanzen war zu jedem Zeitpunkt höher, als der Ertrag der tiefer gesetzten Schachtelhalme.

Die Pflanztiefe hatte in unseren Versuchen keinen nachweisbaren Effekt auf den Gehalt an Flavonoiden. Der Inhaltsstoffgehalt des Schachtelhalmes wird in erster Linie durch das Bestandesalter und den Erntezeitpunkt beeinflusst. Unabhängig von der Pflanztiefe erhielten wir im zweiten Standjahr die niedrigsten Flavonoidwerte. Der Wirkstoffgehalt der Pflanzen liegt innerhalb einer Vegetationsperiode im Frühling am höchsten und zeigt im weiteren Verlauf eine stetig abnehmende Tendenz.

Beim Vergleich der Asche- und Sandgehalte der Drogenmuster zeigten sich – unabhängig von der Pflanztiefe – im Verlauf der Vegetationsperiode immer höhere Werte. Die Asche- und Sandgehalte der im Spätsommer geschnittenen Triebe lagen bei jedem Muster über dem im VIII. Arzneibuch vorgeschriebenen Grenzwert von 27%.

### **3.6. Einfluss der Bewässerungsmethode**

In allen drei Versuchsjahren erwies sich die Wirkung der beiden Oberflächenbewässerungssysteme als günstiger. Die Triebanzahl der mit Tropfbewässerung und mittels Beregnung wasserversorgten Pflanzen entwickelte sich im Verlauf aller drei Vegetationsperioden annähernd gleich.

Die Trieblänge gestaltete sich auf allen drei Versuchspartellen ebenfalls vergleichbar.

Im ersten Standjahr erhielten wir auf allen drei Versuchsfeldern einen sehr niedrigen Drogenertrag. Wir konnten lediglich 10-15 g Droge pro 0,25m<sup>2</sup> gewinnen.

Im dritten Standjahr haben wir auf den untergrundbewässerten Parzellen zu jedem Zeitpunkt niedrigere Ertragswerte gemessen als auf den oberflächenbewässerten Parzellen.

Die höchsten Gehalte an Flavonoiden wurden – unabhängig von der Bewässerungsart – im ersten Standjahr gemessen (0,9 %). Im zweiten und im dritten Standjahr haben wir die höchsten Werte bei den im Frühling bzw. Frühsommer geschnittenen Trieben gemessen. Der Flavonoidgehalt der Triebe nahm im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode kontinuierlich ab.

Der Asche- und Sandgehalt der mittels Tropfbewässerung wasserversorgten Pflanzen war verhältnismäßig hoch, was vermutlich auf den höheren Sandgehalt der Droge zurückzuführen ist

(die Asche beinhaltet in jedem Fall auch den Sand). Bei der Tropfbewässerung konnte der aufspritzende Sand – bei mangelndem natürlichen Niederschlag – verstärkt auf den Trieben haften bleiben und so zu höheren Asche- und sandwerten führen.

### ***3.7. Einfluss der Bewässerungsmenge***

Die Wirkung der Bewässerung mit einer höheren Wassermenge machte sich vor allem im ersten Standjahr (2005) bemerkbar. Die Pflanzen der unbewässerten Kontrollparzellen beendeten dagegen ihre Vegetationsperiode Mitte Juni. Im zweiten Standjahr (2006) zählten wir auf den mit mittlerer Wassermenge (40 mm) versorgten Parzellen die höchste Anzahl an Trieben (80 Triebe/ Parzelle). Die wenigsten Triebe dagegen hatten die mit wöchentlich 20 mm bewässerten Pflanzen (20 Triebe/ Parzelle) entwickelt. Im zweiten Standjahr waren auf den unbewässerten Kontrollparzellen so gut wie keine grünen Triebe zu sehen.

Die Wirkung der ausgebrachten Wassermenge auf die Trieblänge zeigte sich vor Allem im zweiten Standjahr. Die Triebe der mit der niedrigsten Wassermenge versorgten Pflanzen waren am längsten (23 cm), die mit mittlerer Wassermenge versorgten Schachtelhalme hatten dagegen die kürzesten Triebe (20 cm). Bei geringer Wasserversorgung bilden sich also wenige lange Triebe, wogegen bei üppiger Bewässerung sehr viele kürzere Triebe gebildet werden.

Die Schachtelhalme hatten – unabhängig von der Wasserversorgung – im ersten Standjahr so gut wie keinen Drogenertrag. Die Wirkung der unterschiedlichen Gießwassermengen machte sich im zweiten Versuchsjahr bemerkbar. Den höchsten Ertrag haben wir auf den mit mittlerer Wassermenge versorgten Parzellen (57,0 g/Parzelle) gemessen, den niedrigsten Ertrag dagegen erbrachten die mit 20 mm zusätzlichem Niederschlag versorgten Pflanzen (20,8 g/Parzelle).

Der Flavonoidgehalt wurde auch in diesem Fall in erster Linie von dem Alter des Bestandes beeinflusst, so war der Wirkstoffgehalt – unabhängig von der ausgebrachten Wassermenge– im ersten Standjahr der Pflanzen (20 mm: 0,9%; 40 mm: 0,7%; 80 mm: 0,85%) am höchsten.

Der Asche – und Sandgehalt der Drogenmuster war bei allen Versuchskombinationen verhältnismäßig hoch. Im ersten Standjahr überschritten alle Muster – mit Ausnahme der mit 40 mm bewässerten Pflanzen – den vom VIII. Ungarischen Arzneibuch vorgeschriebenen Grenzwert von 27%.

### ***3.8. Ermittlung des optimalen Schnittzeitpunktes***

Nach den Angaben der Fachliteratur wird der Ackerschachtelhalm in den Monaten Juli-August aus natürlichen Populationen gesammelt. Aufgrund der veränderten Vegetations- und Inhaltsstoffakkumulation scheint dieser Erntezeitpunkt im Anbau nicht haltbar. In unseren Versuchsbeständen fiel der optimale Schnittzeitpunkt in den Versuchsjahren in Abhängigkeit vom Alter des Bestandes und von der Witterung auf jeweils unterschiedliche Zeitpunkte. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der nahezu idealen Bedingungen im Anbau die Entwicklungsdynamik des Ackerschachtelhalmes sich wesentlich verändert. Im Vergleich zu den natürlichen Beständen verläuft die Vegetationsperiode des Schachtelhalmes im Anbau wesentlich schneller und somit in einem kürzeren Zeitrahmen. Im Juli und im August, zum Zeitpunkt der traditionellen Wildsammlung war die Gewinnung von entsprechender Drogenmenge- und Qualität im Anbau nicht mehr möglich.

Der mehrmalige Schnitt des Ackerschachtelhalmes war im Verlauf unserer Anbauversuche ebenfalls nicht möglich. Die einmal geernteten Pflanzen regenerierten sich im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode nur sehr spärlich, was einen zweiten Schnitt nicht rentabel machte.

### ***3.9. Neue wissenschaftliche Ergebnisse***

1. Im Bezug auf den Ackerschachtelhalm untersuchten wir erstmals die Diversität der Schachtelhalmpopulationen in Ungarn, was die Selektion der ertragsreichen Klone EA18 (im 2. Standjahr 58 g/0,25 m<sup>2</sup>) und EA23 (im 2. Standjahr 48,0 g/0,25 m<sup>2</sup>) und weiters die Auslese der Inhaltsstoffreichen Klone EA10 (0,96 %) und EA 11(0,90 %) ermöglichte.
2. Unseren Versuchsergebnissen entsprechend zeigen Drogenertrag und Inhaltsstoffgehalt des Ackerschachtelhalmes eine negative Korrelation. Für die ertragsreichen Klone EA18 und EA23 war ein niedriger Inhaltsstoffgehalt charakteristisch. Die inhaltsstoffreichen Populationen zeigten dementsprechend nach umgekehrter Tendenz einen auffallend niedrigen Drogenertrag.
3. Mittels regelmäßiger Probenahmen wurde erstmals von uns beschrieben, dass der Flavonoidgehalt des Ackerschachtelhalmes – unabhängig von der Herkunft – im ersten Jahr nach der Pflanzung am höchsten ist und in den folgenden Vegetationsperioden kontinuierlich sinkt.
4. Wir definierten die vegetative Vermehrung mittels Rhizomstücke mit 3 Nodi als die effektivste Propagationsmethode.

5. Wir ermittelten, dass die Pflanzung von Rhizomen im generativen Stadium sich günstiger auf das spätere Pflanzenwachstum auswirkt als die Pflanzung im Ruhezustand.
6. Wir definierten den optimalen Zeitpunkt des Bestandsaufbaus. Sowohl vom Gesichtspunkt der effektiven Flächennutzung als auch im Hinblick auf die spätere Produktion der Schachtelhalmpflanzen ist die Frühjahrspflanzung zu empfehlen.
7. Wir erwiesen die Auswirkung der Pflanztiefe und den Einfluss der Bewässerungsmethode auf die Produktion des Schachtelhalmes. Die seichtere Pflanzung auf 15 cm Pflanztiefe erwies sich als wesentlich günstiger als eine tiefere Pflanzung auf 30 cm. Von den untersuchten Bewässerungsmethoden ist die Beregnungsbewässerung sowohl aus anbautechnischen als auch aus Kostengründen zu empfehlen.
8. Unsere Versuchsergebnisse bestätigten die Angaben der Fachliteratur, wonach der Ackerschachtelhalm mittleren Wasserbedarf hat. Im Versuchsanbau erzielten wir dementsprechend auf den mit mittleren Wassermengen (40 mm) versorgten Parzellen den höchsten Drogenertrag (57 g/0,25 m<sup>2</sup>).
9. Es manifestierte sich im Verlauf der Versuchsjahre, dass die Vegetationsperiode des Schachtelhalmes im Anbau sich wesentlich kürzer gestaltet. Im Gegensatz zu der Praxis der Wildsammlung in den Monaten Juli-August war der optimale Erntezeitpunkt im Versuchsanbau im zweiten Standjahr im Juni und im dritten Standjahr im Juli.
10. Aufgrund der regelmäßigen Musternahmen kamen wir zu der Schlussfolgerung, dass der mehrmalige Schnitt des Schachtelhalmes nicht möglich ist, weil sich die Pflanzen im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode nicht mehr erheblich regenerieren.

## 4. PROVISORISCHES ANBAUMODELL

### 4.1. Bestandsaufbau

#### *Phänologisches Stadium*

Im Verlauf unserer Anbauversuche haben wir die Produktion von den im Ruhezustand und im generativen Stadium befindlichen Rhizomen verglichen. Im Falle beider untersuchten Herkünfte entwickelten sich die im Ruhezustand gepflanzten Schachtelhalmpflanzen am besten. Diese Pflanzen hatten in beiden Fällen ebenfalls höhere Gehalte an Flavonoiden als die im generativen Zustand gepflanzten Schachtelhalme. Somit ist die Pflanzung von noch im Ruhezustand sich befindenden Pflanzen im Frühling zu empfehlen.

#### *Pflanzzeitpunkt*

Unabhängig vom phänologischen Stadium untersuchten wir die Wirkung der Pflanzung im Herbst und im Frühling. Obwohl die im Herbst gepflanzten Schachtelhalme sich besser entwickelten, waren die Drogenerträge beider Versuchsgruppen annähernd gleich. In Hinsicht auf die Ertragsmaxima waren beide Versuchsgruppen fast identisch. Auf beiden Parzellen errichten die Pflanzen zum gleichen Zeitpunkt das Ertragsmaximum und auch die Ertragsmengen waren vergleichbar. Aufgrund dessen, dass die Pflanzung im Frühling sich nicht nachteilig auf die Produktion der Schachtelhalmpflanzen auswirkt, ist aus anbautechnischer Sicht die Pflanzung im Frühjahr zu empfehlen.

#### *Pflanzabstand und Pflanztiefe*

Im Verlauf unserer Anbauversuche wurden die Rhizomstücke mit 20 cm Pflanzabstand und 50 cm Reihenabstand gesetzt, was sich im Verlauf der Versuchsjahre als praktikabel erwiesen hat. Im zweiten Standjahr war der Bestand bereits in dem Maße eingewachsen, dass ein Begehen kaum möglich war. Demzufolge ist anzunehmen, dass eine dichtere Pflanzung nicht notwendig ist. Zur Bestimmung der optimalen Pflanztiefe haben wir die Produktion von auf 15 cm und auf 30 cm gepflanzten Schachtelhalmrhizomen verglichen. Die Wirkung der seichteren Pflanzung auf 15 cm erwies sich auf das Wachstum und auf die Produktion des Schachtelhalmes eindeutig als günstiger.

## 4.2. Bestandserhaltung

### *Bewässerungsmethode*

Im Vergleich der verschiedenen Bewässerungstechniken erwiesen sich die Oberflächenbewässerungen als realisierbar und erfolgreich. Insgesamt entwickelten sich die Pflanzen auf den mittels Beregnung und mit Tropfbewässerung wasserversorgten Parzellen vergleichbar. Aus anbautechnologischer Sicht erwies sich die Beregnungsbewässerung als leichter ausführbar und preisgünstiger. Im Falle der Beregnungsbewässerung können die Parzellen ungehindert gehackt und geerntet werden. In unseren Versuchen haben wir den Schachtelhalm vergleichsweise tief, 5 cm über der Bodenoberfläche geschnitten, was bei einer Tropfbewässerung problematisch sein dürfte.

### *Wasserversorgung*

Aufgrund des verhältnismäßig hohen Wasserbedarfes des Schachtelhalmes war die Wasserversorgung der Pflanzen im Verlauf der Inkulturnahmeversuche eines der wichtigsten Faktoren. Unseren Erfahrungen nach ist der Schachtelhalmanbau in Gebieten mit ähnlichen ökologischen Gegebenheiten wie in unserem Versuchsgebiet ohne Bewässerung nicht möglich. Der Ackerschachtelhalm kann ohne Bewässerung nicht erfolgreich angebaut werden.

Der in der Fachliteratur angeführte mittlere Wasserbedarf des Schachtelhalmes hat sich in unseren Anbauversuchen bestätigt. Unter den ökologischen Gegebenheiten des Versuchsgebietes erwies sich die wöchentliche Zusatzbewässerung mit 40 mm als entsprechend ausreichend für Wachstum und Produktion.

### *Sonstige Pflegemaßnahmen*

Während der Vegetationsperiode bestanden die Pflegemaßnahmen aus seichtem Hacken der Parzellen vor dem Austrieb der Pflanzen. Im weiteren Verlauf wurden die Bestände mittels händischen Jätens unkrautfrei gehalten. Bei dem angewendeten Pflanzabstand war das Begehen der Parzellen lediglich im ersten Standjahr möglich. Ab dem zweiten Jahr waren die Bestände so dicht, dass ein Begehen ohne die Beschädigung der Triebe nicht möglich war. Somit war ab dem zweiten Standjahr lediglich das seichte Durchhacken vor dem Austrieb die einzige durchführbare Pflegemaßnahme. So ist aus anbautechnischer Sicht ein möglichst früher Schnitt zu präferieren. Aufgrund der regelmäßigen Bewässerung verunkrautet das Feld bis zum Herbst erheblich, sodass ein seichtes Durchhacken des Bestandes nach der Ernte unverzichtbar ist. Während des

Versuchsanbaus haben wir im Bestand weder Krankheiten noch Schädlinge beobachtet, so mussten keine Pflanzenschutzmaßnahmen getroffen werden.

#### 4.3. Ernte

Während einer Vegetationsperiode konnte der Schachtelhalm nur einmal geschnitten werden. Demzufolge ist die Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes essentiell. Obwohl der Inhaltsstoffgehalt des Ackerschachtelhalmes im ersten Standjahr am höchsten ist, bringen die Pflanzen im ersten Jahr so gut wie keinen Ertrag. Die höchsten Ertragswerte haben wir im zweijährigen Bestand gemessen, wo auch der Inhaltsstoffgehalt entsprechend war. Im dritten Standjahr waren sowohl der Ertrag als auch der Flavonoidgehalt annehmbar. Das Ertragsmaximum wurde im zweijährigen Bestand im Juni, im dreijährigen Bestand im Juli erreicht. Der Asche- und Sandgehalt korreliert ebenfalls stark mit dem Schnittzeitpunkt: je früher der Schnitt, desto niedriger sind die Asche- und Sandgehalte der Droge.

## 5. IN DER THESENSAMMLUNG ZITIERTER LITERATUR

1. FRANZ CH. (2000): Züchtung und Anbau von Arzneipflanzen In: K. Hiller, M.F. Melzig: Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 422-427.p.
2. GIMPL A., BERNÁTH J. (2003): Mezei zsurló: Gyűjtés vagy termesztés? Kertgazdaság 35(4): 61-68.p.
3. NÉMETH É., BERNÁTH J. (2001): Anbau und Markt von Arznei- und Gewürzpflanzen in Ungarn. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzenbau 6:103-108.p.

## 6. PUBLIKATIONEN IM THEMENBEREICH DER DISSERTATION

### 6.1. Publikationen in Fachzeitschriften

#### 6.1.1. Publikationen in Fachzeitschriften ohne IF

Gimpl A., Bernáth J. (2003): Mezei zsurló: gyűjtés vagy termesztés?  
Kertgazdaság, 35(4): 61-68.

Kozak A., Bernáth J. (2006): Einfluss von Pflanztiefe und Bewässerung auf Wachstum und Drogenenertrag des Ackerschachtelhalmes (*Equisetum arvense* L.). Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 11(1): 35-40.

Kozak A., Bernáth J. (2006): A termesztésbevonás hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) növekedésére és droghozamára. Kertgazdaság, 38(2): 61-69.

## **6.2. Konferenzzusammenfassungen**

### **6.2.1. Publikationen in Konferenzzusammenfassungen in Ungarischer Sprache (Zusammenfassung)**

Kozak A., Bernáth J. (2005): Az ültetési mélység és az öntözési mód hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) termelésére. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Gyógynövénytudományi Szekció. Budapest, 2005. okt. 19-21. Összefoglalók p. 124-125.

Kozak A., Bernáth J., Gosztola B. (2007): Az őszi és a tavaszi telepítés hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) termelésére. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Gyógynövénytudományi Szekció. Budapest, 2007. nov. 7-8.

### **6.2.2. Publikationen in internationalen Konferenzzusammenfassungen (full paper)**

Gimpl A., Bernáth J., Bodor Zs. (2004): Influence of Planting Depth and Irrigation System on the Development of the Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.). International Conference on Horticulture Post-graduate (PhD.) Study System and Conditions in Europe. Lednice, 17-19. 11. 2004 Proceedings of Papers p. 65.

### **6.2.3. Publikationen in internationalen Konferenzzusammenfassungen (abstract)**

Gimpl A. (2004): The Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.): Portrait, Collection and Cultivation of a Traditional Healing Plant. Medicinal Herbs in Condition of the European Union. Stara Lubovna, 16-18. 06. 2004 Book of Abstracts p. 12.

Kozak A., Bernáth J., Bodor Zs. (2005): Erste Anbauversuche zur Inkulturnahme von *Equisetum arvense* L. in Ungarn. 15. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion. Bernburg, 22-23. 02. 2005 Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste p. 34.

Kozak A., Bernáth J. (2006): Inkulturnahme von Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.). 16. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion. Bernburg, 21-23. 02. 2006 Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste p. 29-30.