



**Screening alternativer Leguminosenarten auf ihre  
Eignung zur Gründüngung und zum Mischanbau  
im ökologischen Landbau**

**Herausgeberin:**

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)  
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: [geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de](mailto:geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de)

Internet: [www.bundesprogramm-oekolandbau.de](http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de)

Finanziert vom Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

**Auftragnehmer:**

Technische Universität München, Lehrstuhl für Pflanzenbau  
und Pflanzenzüchtung

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Screening alternativer Leguminosenarten auf  
ihre Eignung zur Gründüngung und zum  
Mischanbau im ökologischen Landbau  
Abschlussbericht

J. P. Baresel, H.J. Reents, W. Schenkel

31. Oktober 2003

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziele und Aufgabenstellung des Projekts</b>	<b>4</b>
1.1	Problemstellung . . . . .	4
1.2	Ziele . . . . .	6
1.3	Planung und Ablauf des Projekts . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>9</b>
2.1	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde . . . . .	9
2.1.1	N-Versorgung im ökologischem Landbau . . . . .	9
2.1.2	Intensivierung des Leguminosenanbaus und Lebendmulchsysteme . . . . .	10
2.1.3	Anbau und Züchtung einjähriger Leguminosen . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>15</b>
3.1	Pflanzenmaterial . . . . .	15
3.1.1	Eigene Sammlungen . . . . .	15
3.1.2	Material aus Sammlungen anderer Institutionen . . . . .	15
3.1.3	Zuchtsorten . . . . .	17
3.2	Beschreibung der Versuche . . . . .	17
3.2.1	Gewächshausversuch zur Evaluierung und Vorvermehrung (GH) . . . . .	17
3.2.2	Feldversuche mit Einzelpflanzen ( F1 und F2) . . . . .	21
3.2.3	Versuch mit Pflanzenbeständen in Kleinparzellen (F3) . . . . .	22
3.2.4	Prüfung auf Keimfähigkeit und Hartschaligkeit (L1) . . . . .	23
3.2.5	Prüfung auf Kältetoleranz in der Klimakammer (L2) . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>25</b>
4.1	Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse . . . . .	25
4.1.1	Morphologische Eigenschaften . . . . .	25
4.1.2	Biomasse und Gesamtstickstoff im Aufwuchs . . . . .	25
4.1.3	Jugendentwicklung, Dauer des Vegetationszyklus und Determiniertheit der Entwicklung . . . . .	26
4.1.4	Bildung von Wurzelknöllchen . . . . .	27
4.1.5	Samenproduktion und Erntbarkeit der Samen . . . . .	28
4.1.6	Hartschalige Samen . . . . .	28
4.1.7	Gefahr einer ungewollten Ausbreitung bzw. Persistenz . . . . .	28
4.1.8	Winterfestigkeit . . . . .	29
4.2	Schlußfolgerungen . . . . .	33

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	3
4.3 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau . . . . .	34
4.3.1 Ableitung von Vorschlägen, die durch das BMVEL verwendet werden können . . . . .	35
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>36</b>
<b>6 Ursprünglich geplante und erreichte Ziele</b>	<b>37</b>
6.1 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen . . . . .	38

# 1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

## 1.1 Problemstellung

Die Aufgabe, den Stickstoffentzug aus dem betrieblichen Nährstoffkreislauf regelmäßig auszugleichen, kommt in den Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus den Leguminosen zu. Die Idealvorstellung wäre dabei eine kontinuierliche N-Fixierung, die sich mit dem Entzug durch die Pflanzen und der N-Mineralisierung im Fließgleichgewicht befindet. Dies kann natürlich nur annähernd verwirklicht werden, und in der Praxis ist man oft weit entfernt davon. Es gibt nicht sehr viele Leguminosen, die sich als Marktfrucht oder Zwischenfrucht eignen und diese sind oft selbstunverträglich, in einigen Fällen besteht sogar eine Kreuz-Unverträglichkeit. Daher sind Leguminosen in den Fruchtfolge oft zu schwach vertreten, so daß die Funktion, Stickstoff anzureichern in erster Linie den Futterpflanzen, zukommt, die meistens nur alle drei Jahre angebaut werden. Die Nachteile sind eine ungleichmäßige Stickstoffakkumulation und ein unharmonischer Verlauf der Mineralisierung mit negativen Folgen für die Produktivität, die Produktqualität und für die Umwelt. Es gibt daher verschiedene Versuche, den Leguminosenanteil in der Fruchtfolge durch den gleichzeitigen Anbau mehrerer Arten zu erhöhen.

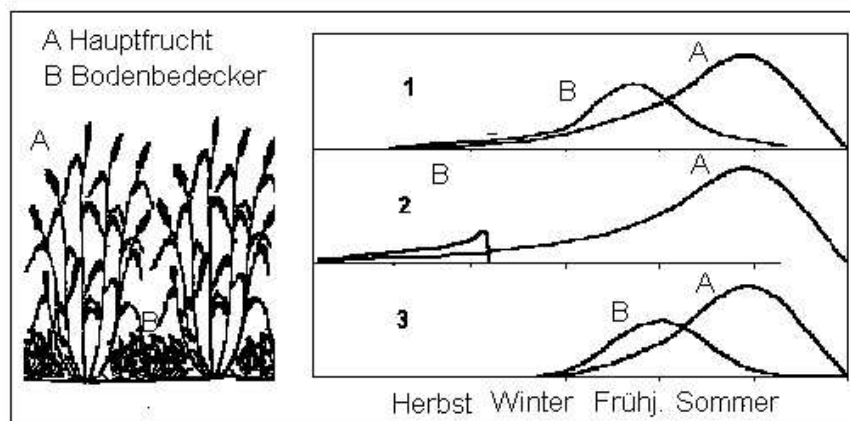
Besonders interessant sind hierbei Systeme, bei denen z. B. Getreide und eine bodenbedeckende Leguminose (zumindest über einen Teil der Vegetationsperiode) gleichzeitig angebaut werden. Die Leguminose soll aber nur eine Nische ausfüllen und den Ertrag der Hauptfrucht möglichst wenig verringern. Dabei kommt es mehr darauf an, den N-Pool im Boden langfristig zu erhöhen, als auf einen direkten N-Transfer vom Bodenbedecker zur Hauptfrucht, der nur selten nachgewiesen werden kann

Mehrjährige Arten erwiesen sich als problematisch, weil sie meist eine langsame Jugendentwicklung haben und, einmal entwickelt, unter mitteleuropäischen Bedingungen eine zu starke Konkurrenz für die Hauptfrüchte darstellen, so daß sie auf mechanischem Wege unterdrückt werden müssen.

Einjährige Arten werden derzeit nur wenig verwendet bzw. erprobt, da nur von wenigen klimatisch angepaßten Arten, die sich für diesen Zweck eignen, Saatgut verfügbar ist. Dagegen gibt es eine große Anzahl potentiell geeigneter Arten im Mittelmeerraum, die an sehr unterschiedliche Umweltbedingungen angepaßt sind. Einige von ihnen werden bereits als Futterpflanzen kultiviert und sind z. Teil züchterisch bearbeitet worden.

In diesem Projekt wurden Ökotypen und, soweit vorhanden, Zuchtsorten der wichtigsten und vielversprechendsten dieser Leguminosen nachgebaut und ihre Adaptationsfähigkeit, ihr Verhalten unter mitteleuropäischen Bedingungen sowie ihre voraussichtliche Eignung als Bodenbedecker bzw. als

Abbildung 1: Verschiedene Varianten von Lebendmulchsystemen



Gründüngerpflanzen abgeschätzt.

Folgende Verwendungsmöglichkeiten sollen dabei in Betracht gezogen werden:

**Überwinternde Bodenbedecker:** Dabei wird der Bestand der Bodenbedecker im Sommer oder zum Herbst etabliert. Die Hauptfrucht wird entweder gemeinsam mit dem Bodenbedecker, oder (mit einer geeigneten Saattechnik) im Herbst oder im Frühjahr in den bereits bestehenden Bestand des Bodenbedeckers eingesät.

Wünschenswerte Eigenschaften des Bodenbedeckers sind *niedriger Wuchs*, aber *gute Bodenbedeckung*, *Frosthärte* und *frühe Reife*. (s. Nr. 1 in Abb. 1)

**Abfrierende Bodenbedecker:** Hier werden beide Mischungspartner im Spätsommer eingesät oder die Hauptfrucht wird (mit einer geeigneten Saattechnik) in einen bereits als Untersaat etablierten Bestand des Bodenbedeckers eingesät (gegebenenfalls nach Mulchen des Bodenbedeckers). Da der Bodenbedecker durch die ersten Fröste eliminiert werden soll, ist eine möglichst *schnelle Entwicklung* und *hohe Biomassebildung* wichtiger als eine geringe Konkurrenzfähigkeit. Die *Frostempfindlichkeit* muß dann allerdings hoch sein, da sonst die Gefahr besteht, daß der Bodenbedecker überwintert und die Hauptfrucht unterdrückt. (s. Nr. 2 in Abb. 1)

**Im Frühjahr eingesäte Bodenbedecker:** Dabei wird die Hauptfrucht gemeinsam mit dem Bodenbedecker im Frühjahr eingesät. Wünschenswer-

te Eigenschaften des Bodenbedeckers sind *niedriger Wuchs*, aber *gute Bodenbedeckung* und *frühe Reife*. Praktikabel erscheint dieses Anbauverfahren aber nur bei sehr spät reifenden Sommerungen (Mais)(s. Nr. 3 auf Abb. 1).

Auf die übliche Untersaat von Leguminosen in Getreide soll hier nicht eingegangen werden.

**Zwischen- oder Hauptfrucht:** Dies ist zwar nicht Hauptgegenstand des Projekts, da aber auch hier Bedarf an alternativen Arten besteht, wird die potentielle Eignung für diese Zwecke mit erfaßt. Wichtig ist in erster Linie eine *hohe Biomassebildung*; Arten die mit den herkömmlichen Futter- oder Körnerleguminosen nicht verwandt sind, sind hier aus phytosanitären Gründen von besonderem Interesse.

## 1.2 Ziele

Ziele des Projekts sind:

1. Einschätzung des Potentials der Einjährigen Leguminosen für Lebendmulchsysteme unter deutschen Bedingungen
2. Identifikation neuer anbauwürdiger Arten für die beschriebenen Anbauverfahren, da viele potentiell geeignete Arten bisher noch nicht auf ihre Anbauwürdigkeit geprüft worden sind.
3. Selektion von vielversprechenden Populationen als Ausgangsmaterial für weiterführende Untersuchungen, für die Züchtung und zur weiteren Vermehrung, um Saatgut für den versuchsweise Anbau in Praxisbetrieben zu erhalten.
4. Zuordnung der Arten zu einer der oben angeführten Nutzungsformen.
5. Entwicklung einer Strategie der Versorgung mit Saatgut.

## 1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Das Projekt gliederte sich in folgende Teilschritte:

1. Definition der Anforderungen weiter entwickelter Anbausysteme an neue Leguminosenarten (z.B. Wachstumszeit, Konkurrenzkraft, Winterhärte, Samenproduktion).

2. Aufbau eines Sortiments von Arten, die eine Eignung erwarten lassen mit Schwerpunkt auf die sehr artenreiche Gruppe der einjährigen Leguminosen. (Eigene Sammlungen, Genbankmaterial, Zucht- und Referenzsorten).
3. Prüfung des Sortiments hinsichtlich der zuvor definierten Anforderungen, systematische Einordnung nach ihren botanischen Merkmalen und Charakterisierung ihrer agronomischen Eigenschaften.
4. Auswahl von Arten, Sorten bzw. Populationen, die in Deutschland akklimatisierbar sind und eine Eignung für die gestellten Anforderungen erwarten lassen.
5. Definition von Züchtungszielen für diesen Zweck.
6. Entwicklung von Strategien für eine künftige Saatgutproduktion (durch die Landwirte selbst, durch Saatgutproduzenten in Deutschland oder in klimatisch günstigeren Regionen).
7. Bereitstellung von Zuchtmaterial.

**Vorarbeiten** Dem eigentlichem Projekt waren die Auswertung der Literatur, die vorläufige Formulierung der Selektionskriterien und die Beschaffung des Materials vorausgegangen. Da viele Arten überhaupt nicht in Genbankbeständen anzutreffen sind und die Bergregionen, in denen frosthartes Material erwartet werden kann, bei den bisherigen Sammelexpeditionen im mediterranem Raum kaum berücksichtigt wurden, sind im Jahre 2001 zwei Sammlungen durchgeführt worden (Appennin und Sardinien), bei denen insgesamt 74 Standorte aufgesucht wurden. Details sind in Abschn. 3 aufgeführt.

**Versuche, 1. Jahr** Ziele im ersten Versuchsjahr waren die Identifikation und die Vermehrung des gesammelten oder von Genbanken erhaltenen Materials, die Identifikation grundlegender morphologischer und physiologischer Eigenschaften, anhand derer eine Vorauswahl für die Prüfungen im 2. Versuchsjahr getroffen wurde. Folgende Versuche wurden im 1. Versuchsjahr angelegt:

1. Anzucht in Gefäßen im Gewächshaus (Vermehrung und Identifikation)
2. Einzelpflanzenversuch im Freiland, Frühjahrsaussaat
3. Einzelpflanzenversuch im Freiland, Herbstaussaat
4. Prüfung auf Keimfähigkeit und Hartschaligkeit der Samen

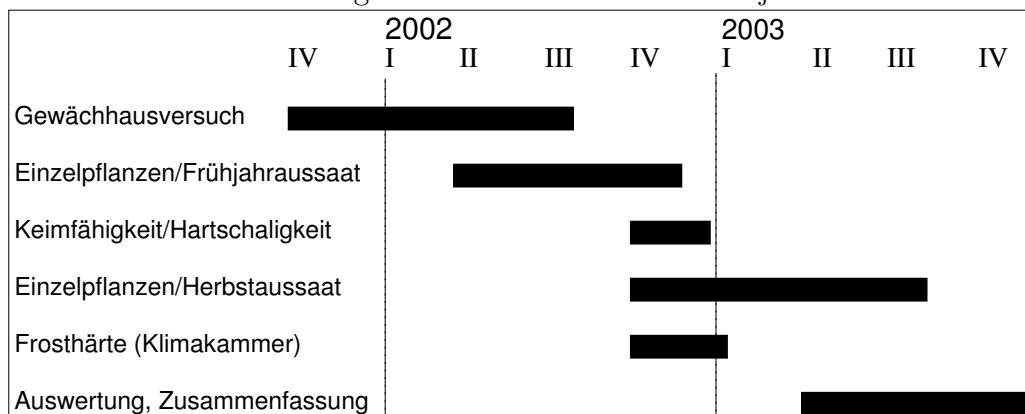


**Versuche, 2. Jahr** Ziele im zweiten Versuchsjahr waren die Bestimmung anbaurelevanter Eigenschaften, wie Samen- und Biomasseproduktion, Dauer des Vegetationszyklus, Konkurrenzverhalten in Beständen sowie die weitere Vermehrung im ersten Versuchsjahr ausgewählter Arten und Genotypen. Folgende Versuche wurden im 2. Jahr durchgeführt:

1. Freilandversuch mit wiederholten Kleinparzellen in Direktaussaat
2. Prüfung auf Frosttoleranz in der Klimakammer

Der zeitliche Ablauf der Versuche ist auf Abb. 2 dargestellt. Detaillierte Beschreibungen der Versuche befinden sich im Abschnitt 3

Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf des Projekts



**Online-Dokumentation** Wegen der großen Menge von Details ist eine Darstellung und Veröffentlichung der Ergebnisse auf digitalen Medien (CD-ROM oder WWW) in interaktiver Form vorteilhafter als die Veröffentlichung in gedruckter Form.

Es wurde eine datenbankgestützte Internet-Veröffentlichung eingerichtet, die unter der Adresse <http://www.wzw.tum.de/pbpz/leguminosen/index.htm> eingesehen werden kann.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

#### 2.1.1 N-Versorgung im ökologischem Landbau

Leguminosen sind die wichtigste Quelle für die Stickstoffversorgung im ökologischen Landbau, wo sie als Klee oder Luzerne (ein-oder mehrjährig, meist im Gemisch mit Gräsern), Körnerleguminosen und als Zwischenfrüchte angebaut werden.

Innerhalb der Fruchtfolgen spielt die erste Gruppe die wichtigste Rolle. Je nach Anbaubedingungen können bis zu 500 kg N/ha durch die N<sub>2</sub>-Fixierung eingebunden werden, in der Regel sind es 250-300 kg. [21].

Für Körnerleguminosen kann nach Köpke [19] die N-Menge in den geernteten Körnern als Schätzgröße für die N<sub>2</sub>-Fixierung angenommen werden; das entspricht 60-150 kg N/ha je nach Ertrag und N-Gehalte. Andere Autoren setzen die N<sub>2</sub>-Fixierung allerdings deutlich niedriger an [26]. Der geringere Vorfruchtwert von Erbsen zu Kartoffeln im Vergleich zu Klee gras, wie er von Möller [3] festgestellt wurde, spricht ebenfalls dafür. Der Körnerleguminosenanbau als Hauptfrucht ist außerdem sowohl aus betriebsorganisatorischer und ökonomischer Sicht als auch aus phytosanitären Gründen in seinem Umfang beschränkt, so daß er für die Stickstoffversorgung der Fruchtfolge eher von untergeordneter Bedeutung ist.

Der Beitrag von Zwischenfrüchten zur Stickstoffversorgung wird höher eingeschätzt, es werden je nach Art und Anbaubedingungen zwischen 40 und 200 kg N/ha angegeben. [17, 20]. Bei eigenen Untersuchungen mit verschiedenen Zwischenfrüchten in landwirtschaftlichen Fruchtfolgen wurden in 2 Jahren N-Aufnahmen zwischen 48 und 136 kg N/ha erreicht, wobei Erbsen und Wicken die höchsten Werte erzielten. Die Gründe für die weiten Spannen in den Erträgen liegen in den Anbaubedingungen (speziell Wasserversorgung) und der Anbautechnik aber auch bei der verwendeten Leguminosenart. Hier wird die große Vielfalt der Familie der Leguminosen bisher erst sehr begrenzt genutzt; eine Erweiterung der Auswahl an verfügbaren Arten wäre für eine Intensivierung des Zwischenfruchtanbaus äußerst hilfreich.

Trotz der bisherigen Erfolge zur Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus kann die N-Versorgung der Marktkulturen als noch nicht ausreichend angesehen werden. Dies wird an der intensiven Forschungstätigkeit zur Verbesserung von Weizenertrag und-Qualität deutlich, aber auch die Ergebnisse von Möller [2] im Kartoffelbau deuten in die gleiche Richtung.

### 2.1.2 Intensivierung des Leguminosenanbaus und Lebendmulchsysteme

Mögliche Wege zur Lösung dieses Problems sind eine Ausweitung des Zwischenfruchtanbaus und die räumliche Intensivierung des Leguminosenanbaus, d. h. die Einführung von Mischkulturen mit Leguminosen.

Es können verschiedene Formen von Mischbau unterschieden werden: Untersaaten, bei denen eine Zwischenfrucht oder Futterkultur in stehende Bestände (meistens Getreide) eingesät wird, Mischfruchtanbau, bei dem mehrere Feldfrüchte gleichzeitig angebaut und geerntet werden und Lebendmulch-Systeme, bei denen eine Marktfrucht (Hauptfrucht) zusammen mit einem "Bodenbedecker" angebaut wird.

Mischfruchtanbau zweier oder mehrerer Marktfrüchte, z. B. von Getreide mit Körnerleguminosen, kann zur Verbesserung der Stickstoffversorgung, zur Eindämmung der Ausbreitung von Krankheiten, zur Kontrolle der Begleitflora und zur Förderung der Bodenorganismen beitragen. (Eine Zusammenfassende Darstellung der sehr umfangreichen Literatur: s. Aufhammer [6]).

Untersaaten von Leguminosen in Getreidebestände werden durchgeführt, um die Sicherheit der Leguminosenansaat zu erhöhen und die Wachstumszeit der Zwischenfrucht zu verlängern. Ein direkter Beitrag der Untersaat zur N-Versorgung der Deckfrucht (ähnlich den Beziehungen im Dauergrünland) konnte bislang nicht beobachtet werden [27] und dürfte, wenn überhaupt nachweisbar, gering sein, da die gemeinsame Vegetationszeit nur kurz ist.

Wachsen Untersaat und eine Marktfrucht über einen längeren Zeitraum zusammen, sei es durch gleichzeitige Aussaat oder durch Einsaat der Hauptfrucht in einen bereits vorhandenen Bestand von bodenbedeckenden Pflanzen werden die Anbausystemen in der englischsprachigen Literatur als "living mulch"-Systeme bezeichnet. Sie sind von besonderem Interesse, weil ihre Realisierbarkeit mehr als alle anderen von den verwendeten Leguminosen abhängig ist. Eine umfassende Literaturübersicht findet sich bei Feil [13]. Lebendmulch-Systeme werden hauptsächlich in den USA entwickelt, vorzugsweise bei Mais und in erster Linie zur Erosionsminderung. Die sogenannte "Maiswiese" ist eine analoge Entwicklung in Europa (Schweiz).

In Deutschland beschränkte sich die Entwicklung bisher im wesentlichen auf die Privatinitiative einiger innovationsfreudiger Praktiker, hat aber in neuerer Zeit auch die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gezogen. Am bekanntesten ist das sogenannte "System weite Reihe" im Weizenanbau, das in seiner Ursprünglichen Form auch ein Lebendmulchsystem ist [29]. Hierüber sind bereits mehrere Studien veröffentlicht worden [14, 22, 24, 7]. Als Mulchpflanze bzw. Untersaat wird meistens Weißklee verwendet, in einigen Fällen

auch Luzerne.

Aus den bisherigen Ergebnissen läßt sich schließen, daß es für eine erfolgreiche Weiterentwicklung des Anbausystems zu einer besseren Abstimmung der beiden Mischungspartner kommen muß. Die häufig verwendeten mehrjährigen Arten haben in der Regel eine langsame Jugendentwicklung, sind dann in der Hauptvegetation aber sehr konkurrenzstark. Die Leguminose sollte dagegen nur eine Nische (zeitlich und räumlich) ausfüllen und einen Beitrag zur N-Versorgung des Bodens leisten. Mehrjährige Mulchpflanzen müssen daher in der Regel durch Häckseln oder Fräsen unterdrückt werden [15].

Bei eigenen Versuchen mit Weißkleeuntersaat zu Weizen und Roggen zeigte sich bei gemeinsamer Aussaat im September, daß es zu Ertrags- und Qualitätseinbußen kam, der Gesamt-N-Ertrag war allerdings höher als bei alleinigem Getreideanbau; die N-Versorgung über die Fruchtfolge wurde somit verbessert. [1]

Um die kostenaufwendige und technisch problematische mechanische Unterdrückung der Mulchpflanzen zu vermeiden, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Die Verwendung von Leguminosen, die im Winter abfrieren
- Die Verwendung von niedrigwachsenden Arten mit sehr kurzen Vegetationszyklus, die lange vor den Hauptfrüchten abreifen.

Versuche von Praktikern haben gezeigt, daß Roggen bei gemeinsamer Ansaat mit abfrierenden Leguminosen, wie Sommerwicke und Erbsen sehr gute Erträge erzielen kann. (Braun, pers. Mitt.) [10]. Allerdings waren die Leguminosenbestände bereits im Herbst so üppig entwickelt, daß sie vor Eintritt der ersten Fröste gehäckselt werden mußten, weil sonst eine Schädigung der Getreidebestände zu erwarten gewesen wäre. Hier wären niedrig, aber dicht wachsende Formen, die nach dem Abfrieren eine kompakte Mulchschicht unter den Getreidebeständen bilden, wahrscheinlich geeigneter.

Bei der Verwendung überwinternder, niedrig wachsender Arten mit sehr kurzen Vegetationszyklus wurden an Standorten, wo adaptierte Pflanzen zur Verfügung stehen, zufriedenstellende Ergebnisse erzielt [16]. Das Hauptproblem in Mittel- und Nordeuropa ist das Fehlen adaptierter Arten bzw. Sorten [8, 9]. Für Lebendmulch-Systeme aber auch für den Anbau als Zwischenfrucht sind einjährige Arten mit kurzer Entwicklungszeit also wesentlich interessanter als mehrjährige. Für den Zwischenfruchtanbau stehen einige geeignete Arten zur Verfügung (z.B. Sommerwicke, Erbse, Ackerbohne, Alexandrinerklee). Wenn Körnerleguminosen auch als Hauptfrucht angebaut werden sollen, wird die Auswahl allerdings schon stark eingeschränkt. Für den Einsatz

in Lebendmulch-Systemen steht in Deutschland kaum eine geeignete Art zur Verfügung. Eine Erweiterung der Auswahl an einjährigen Leguminosen ist daher für eine Verbesserung der Anbausysteme des ökologischen Landbaus dringend notwendig.

Das Interesse an einer Verbesserung des N-Haushalts der Agrarökosysteme im ökologischen Landbau durch Lebendmulch- und Mischanbausysteme bzw. kontinuierlicherer Bodenbedeckung ist in Deutschland und in den Nachbarländern gestiegen, es werden zunehmend Forschungsprojekte zu diesem Thema durchgeführt [34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Der Schwerpunkt liegt dabei auf praktischen Fragestellungen, weniger auf der Analyse der Funktionsweise solcher Systeme, obwohl sie gerade zu Beginn dieser Entwicklung dringend nötig wäre. Die verwendete Leguminose ist meistens Weißklee. Als Hauptproblem erwies sich die Konkurrenz der Untersaat gegenüber der Hauptfrucht, so dass das Management der Untersaat (in der Regel wiederholtes Mulchen) einen wesentlichen Teil dieser Untersuchungen ausmachte.

Das Projekt und unsere bisherigen Ergebnisse wurden auf der 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau in Wien als Poster vorgestellt und konnte mit Vertretern der oben aufgeführten Projekte diskutiert werden. Dabei wurde deutlich, daß das Bedürfnis besteht, Lebendmulch- und verwandte Anbausysteme weiterzuentwickeln. Die Verfügbarkeit alternativer Leguminosenarten ist dafür eine wichtige Voraussetzung.

### 2.1.3 Anbau und Züchtung einjähriger Leguminosen

Die Heimat der meisten potentiell geeigneten Arten ist der Mittelmeerraum. Sie kommen dort spontan vor, vor allem auf Weiden in Trockengebieten oder als Wildkrautbegleitflora im Getreidebau; manche werden auch als Futterpflanzen angebaut. Die Eigenschaften, die sich unter diesen Bedingungen herausselektiert haben, lassen diese Gruppe von Pflanzen ideal für die Verwendung als Zwischen- und Mischfrucht erscheinen:

- Schnelle Keimung und Jugendentwicklung: Die Pflanzen sind daran angepaßt, sich nach der Trockenzeit möglichst schnell zu entwickeln und gegen Konkurrenten durchzusetzen (Konkurrenz gegen Unkräuter).
- Ausgeprägte Winteraktivität: In Gebieten mit winterlicher Vegetationspause bedeutet dies geringere Winterfestigkeit dafür aber früher Vegetationsbeginn bzw. noch gute Wachstumsleistung im Herbst.
- Determinierter, oft sehr kurzer Vegetationszyklus: Dies ist eine Anpassungen an die in den ursprünglichen Verbreitungsgebieten oft sehr

schnell einsetzende Sommertrockenheit. Bei Verwendung als Lebendmulch kann sich eine mechanische Unterdrückung der Untersaat erübrigen, da die Untersaat lange vor der Hauptfrucht reift und abstirbt.

- Niedriger bis halbhoher Habitus, meist horizontale Haupttriebe, Bildung dichter Bestände: Im allgemeinen gute Konkurrenzfähigkeit gegenüber Gräsern (oder Getreidepflanzen?) im vegetativem, weniger im generativem Stadium.
- Die Samenproduktion ist meist gut, ein Teil von ihnen bildet relativ große Samen, einige allerdings auch extrem kleine.

Zu dieser Gruppe gehören allein knapp 100 Klee- und etwa ebenso viele *Medicago*-Arten und zahlreiche Vertreter weiterer Gattungen. Ein Teil dieser Arten kommt sporadisch auch in Deutschland vor, aber nur an besonders warmen und trockenen Standorten mit extensiver Nutzung.

In Gebieten mit Mittelmeerklima bei Niederschlägen unter 500 mm haben sie eine wirtschaftliche Bedeutung als Weidepflanzen. Einige Arten sind –vorwiegend in Australien – züchterisch bearbeitet worden, von anderen werden Ökotypen angebaut. Zusammengefasste Informationen über die Eignung dieser Arten als Futterpflanzen liegen von Rumbaugh [25] sowie Taylor [28] vor. Als Lebendmulch wird aus dieser Gruppe von Pflanzen vorwiegend der Erdklee (*T. subterraneum* L.) [16], in geringerem Maße einjährige *Medicago*-Arten verwendet [12]. Andere Arten und Gattungen sind bisher nur selten in Versuchen getestet worden [23]. Die bisherigen Erfahrungen mit Erdklee und *Medicago* spp. zeigen, daß bei einer passenden Auswahl der Mulchpflanzen eine Unkrautkontrolle ohne Beeinträchtigung der Hauptfrucht möglich ist [16]. Versuche u. a. mit Erdklee und *Medicago*-Arten sind in Nordeuropa von Brandsaeter [8, 9] durchgeführt worden. Brandsaeter kommt zu dem Schluß, daß sich diese Arten sehr gut für Lebendmulch eignen, in Nordeuropa aber winterfestere Formen oder andere Arten mit ähnlichen Eigenschaften benötigt werden. Erstaunlicherweise überlebte ein Teil dieser Pflanzen den strengen norwegischen Winter, so daß gute Aussichten bestehen, hinreichend winterfestes Material für Mittel- und Westeuropa zu finden bzw. zu selektieren.

Ein besonderes Problem bei der Einführung fremder Arten ist die Gefahr, daß sie sich langfristig als Unkraut etablieren. Diese ist dann gegeben, wenn sich die Pflanzen als überwinterrungsfähig erweisen bzw. einen hohen Prozentsatz an hartschaligen Samen bilden und gleichzeitig hinreichend aggressiv in einem Mischbestand sind. Insbesondere bei einigen *Vicia*- oder *Lathyrus*-Arten könnte das der Fall sein, bei den einjährigen Weideleguminosen wird dies weniger erwartet.

Der größte Teil der Arten, die nach unseren Ergebnissen für den Anbau in Frage kommen, ist aber immer wieder nach Deutschland eingeschleppt worden und konnte sich an bestimmten, sehr sonnigen oder trockenen Standorten behaupten. Eine unvorhergesehene Massenausbreitung ist nicht eingetreten und daher auch jetzt nicht zu erwarten, Vorsichtsmaßnahmen sind aber trotzdem angebracht. Die Einschätzung dieses Risikos ist daher Teil der Evaluierungen.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Pflanzenmaterial

Grundsätzlich gibt es für den Beginn einer solchen Untersuchung die Möglichkeit, Zuchtsorten und -linien sowie Material aus Genbanken zu testen oder eigene Sammlungen durchzuführen. In diesem Projekt wurde von allen drei Möglichkeiten Gebrauch gemacht. Auf eigene Sammlungen konnte aus folgenden Gründen nicht verzichtet werden:

1. Viele Arten fehlen in den Genbankbeständen, da sie bisher für den Anbau nicht in Betracht gezogen worden waren.
2. Bisherige Sammlungen wurden durchgeführt, um Züchtungsmaterial für semiaride, wintermilde Standorte zu finden (Australien, südl. Mittelmeerraum). Die Gebirgslagen, die uns aus Gründen der Akklimatisierbarkeit besonders interessieren, wurden daher bei den Sammlungen nur wenig berücksichtigt.
3. Detaillierte Informationen zu den natürlichen Standorten sind für Genbankmaterial meistens nicht verfügbar.

#### 3.1.1 Eigene Sammlungen

Im Juli und im Oktober 2001 wurden in Mittelitalien und Sardinien Sammlungen durchgeführt, die die Basis für diese Untersuchungen bilden. Es wurden 2 Sammlungen durchgeführt, eine im Appenin, wo kältetolerante Formen erwartet werden können und eine auf Sardinien, wo die genetische Diversität dieser Gruppe von Pflanzen besonders hoch ist. Insgesamt wurden 74 Standorte aufgesucht und Standortfaktoren, wie Höhe über dem Meeresspiegel, Geländeeigenschaften, Vegetation, Nutzung usw. dokumentiert. Da die Artenvielfalt in beiden Gebieten sehr hoch ist, konnten an einzelnen Standorten bis zu 20 Arten gefunden werden. Dadurch ergibt sich die hohe Anzahl von 326 gesammelten Akzessionen. Das gesammelte Material ist in Tab. 1 aufgelistet.

#### 3.1.2 Material aus Sammlungen anderer Institutionen

Da einige der interessierenden Arten im Mittelmeerraum eine Bedeutung als Futterpflanzen haben, bestehen bereits Sammlungen und Auswertungen am "*Centro di Studio dei Pascoli Mediterranei*" des CNR (*Consiglio Nazionale delle Ricerche*) in Sassari (Sardinien) und am *Istituto sperimentale per le Colture Foraggere (Lodi, Italien)*. Sie decken aber nicht den gesamten Bereich ab,



Tabelle 1: Anzahl der gesammelten Leguminosenakzessionen, aufgegliedert nach Höhenlage der Fundorte

<b>Art</b>	<b>insges.</b>	<b>&lt;500 m</b>	<b>500–1000 m</b>	<b>&gt;1000 m</b>
<i>Astragalus</i> spp	7	7	-	-
<i>Biserrula pelecinus</i>	3	3	-	-
<i>Coronilla varia</i>	1	-	-	1
<i>Galega officinalis</i>	3	3	-	-
<i>Hedysarum coronarium</i>	3	3	-	-
<i>Hedysarum spinosissimum</i>	1	1	-	-
<i>Hippocrepis unisiliquosa</i>	2	2	-	-
<i>Lathyrus aphaca</i>	5	-	5	-
<i>Lathyrus</i> spp.	5	3	1	1
<i>Lotus</i> spp (annuell)	2	2	-	-
<i>Medicago arabica</i>	19	15	3	1
<i>Medicago echinata</i>	2	-	1	1
<i>Medicago intertexta</i>	1	1	-	-
<i>Medicago minima</i>	7	-	2	5
<i>Medicago orbicularis</i>	13	6	6	1
<i>Medicago polymorpha</i>	27	22	2	3
<i>Medicago</i> spp. (annuell)	19	12	7	-
<i>Ornithopus compressus</i>	14	5	6	3
<i>Pisum sativum</i> (Wildform)	1	-	-	1
<i>Scorpiurus muricatus</i>	5	5	-	-
<i>Trifolium alexandrinum</i>	5	3	-	2
<i>Trifolium angustifolium</i>	8	4	1	3
<i>Trifolium arvense</i>	0	-	-	-
<i>Trifolium campestre</i>	18	4	7	7
<i>Trifolium cherleri</i>	20	9	7	4
<i>Trifolium glomeratum</i>	27	13	8	6
<i>Trifolium nigrescens</i>	4	3	1	-
<i>Trifolium scabrum</i>	28	12	5	11
<i>Trifolium</i> spp (10 Arten)	19	11	6	2
<i>Trifolium stellatum</i>	2	1	-	1
<i>Trifolium subterraneum</i>	22	10	11	1
<i>Trifolium tomentosum</i>	9	7	2	-
<i>Vicia dasycarpa</i>	5	-	1	4
<i>Vicia</i> spp.	6	2	2	2
<i>Vicia villosa</i>	0	-	-	-
Sonstige 4 A.	13	8	-	5
<b>Insges.</b>	<b>326</b>	<b>177</b>	<b>79</b>	<b>70</b>

der für die vorliegende Fragestellung von Interesse ist. Zu den Institutionen bestehen Kontakte; Saatgutmuster und Evaluierungsdaten, insbesondere von Erdklee und einiger *Medicago*-Arten wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Ein weiterer Teil des untersuchten Materials stammt vom *Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)* in Gatersleben, das eine der umfangreichsten Sammlungen in Europa unterhält. Das Material stammt aus dem gesamten Mittelmeerraum, sowie aus Mittel- und Osteuropa. Die letztgenannten Herkünfte erschienen aus Gründen der Akklimatisierbarkeit besonders interessant. Da die interessierenden Arten hier nur sporadisch vorkommen, stehen hiervon aber nur wenige Akzessionen zur Verfügung. Die Arten und ihre Herkünfte sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

### 3.1.3 Zuchtsorten

Der Erdklee und einige andere Klee- und *Medicago*-Arten sind in Australien und Italien züchterisch bearbeitet worden. Auch wenn nicht zu erwarten ist, daß diese Sorten besonders gut an deutsche klimatische Bedingungen angepaßt sind, wurden die in Tab. 3.1.3 aufgeführten Sorten und Zuchtstämme in die Untersuchungen mit einbezogen, da die Saatgutbeschaffung bei ihnen bei einer praktischen Anwendung einfacher wäre. Bei einem Teil der Erdklee-Zuchtstämme, die vom *Istituto sperimentale per le Colture Foraggere* zur Verfügung gestellt wurden, konnte außerdem bei Versuchen in Norditalien eine gewisse Frosthärte beobachtet werden.

## 3.2 Beschreibung der Versuche

### 3.2.1 Gewächshausversuch zur Evaluierung und Vorvermehrung (GH)

Von jedem gesammeltem Ökotyp wurden einige Pflanzen zur weiteren Beobachtung, genauen systematischen Einordnung und zur Samengewinnung im Gewächshaus angezogen. Die Ansaat erfolgt in Töpfe mit den Abmessungen 20 x 20 x 20 cm in ein Komposthaltiges Anzuchtsubstrat. Von jedem Ökotyp wurden 2, wenn genügend Saatgut verfügbar war, 4 Töpfe eingesät (je 12-36 Körner). Die Samen wurden mit von den Fundorten (oder Standorten mit ähnlicher Vegetation) mitgebrachten Bodenproben inokuliert. Anzucht und Auswertung erfolgten in einem frostfreiem Gewächshaus.

Tabelle 2: Geprüfte Akzessionen aus der Genbank des IPK in Gatersleben

Art	Herkunft <sup>1</sup>	Akzessionen
<i>Hedysarum coronarium</i>	m	4
<i>Lathyrus aphaca</i>	m,k	2
<i>Medicago aculeata</i>	m	2
<i>Medicago arabica</i>	m,t	2
<i>Medicago blanchiana</i>	m	1
<i>Medicago ciliaris</i>	m	2
<i>Medicago coronata</i>	m	2
<i>Medicago disciformis</i>	m	1
<i>Medicago granadensis</i>	m	1
<i>Medicago laciniata</i>	m	1
<i>Medicago littoralis</i>	m	1
<i>Medicago minima</i>	m	2
<i>Medicago murex</i>	m	1
<i>Medicago polymorpha</i>	m,k	10
<i>Medicago radiata</i>	m	1
<i>Medicago rotata</i>	m	1
<i>Medicago rugosa</i>	m	3
<i>Medicago scutellata</i>	m	1
<i>Medicago truncatula</i>	m	4
<i>Medicago turbinata</i>	m	1
<i>Medicago rigidula</i>	m	2
<i>Ornithopus compressus</i>	m	2
<i>Trifolium arvense</i>	m	1
<i>Trifolium campestre</i>	m,t,k	7
<i>Trifolium dubium</i>	t,k	2
<i>Trifolium glomeratum</i>	m	2
<i>Trifolium nigrescens</i>	m	1
<i>Trifolium subterraneum</i>	m	5
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	m	12
<b>Insgesamt</b>		<b>77</b>

<sup>1</sup> m= mediterran, t=temperiert,k=kontinental

Tabelle 3: Zuchtsorten und-Stämme

<b>Art</b>	<b>Name</b>	<b>Land</b>
<i>Medicago polymorpha</i>	Polygraze	Australien
<i>Medicago polymorpha</i>	Santiago	Australien
<i>Medicago rotata</i>	Highlander	Australien
<i>Medicago rugosa</i>	Paraponto	Italien
<i>Medicago rugosa</i>	Sapo	Australien
<i>Medicago tornata X M. littoralis</i>	Torreador	Australien
<i>Medicago truncatula</i>	Paraggio	Italien
<i>Medicago truncatula</i>	Carpet	Australien
<i>Medicago truncatula</i>	Sephi	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Antas	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Campeda	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Leura	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Limbara	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Losa	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Clare	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Dalkeit	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Denmark	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	EP133SubA	Italien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Gosse	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Goulburn	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Karridale	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Nuba	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	Woogenellup	Australien
<i>Trifolium subterraneum</i>	York	Australien

Tabelle 4: Übersicht über die Versuche

	<b>Bezeichnung</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Ziele</b>
<b>Gewächshausversuch</b>	GH	IV 2001– III 2002	Identifikation, Vermehrung
<b>Feldversuche</b> Einzelpflanzen, Frühjahrsaussaat	F1	II–IV 2002	Habitus Reifegruppe Dichte
Einzelpflanzen, Herbstaussaat	F2	IV 2002– III 2003	Habitus, Reifegruppe Dichte Frosthärte
Kleinparzellen, Frühjahrsaussaat	F3	II–III 2003	Bodenbedeckung Wuchshöhe Biomasse im Bestand
<b>Laborversuche</b> Keimtest	L1	IV 2002	Hartschalige Samen Keimdauer
Kältetest	L2	III 2003	Frosttoleranz

Tabelle 5: Anzahl der geprüften Akzessionen in den Versuchen

<b>Versuch</b>	<b>GH</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>
<b>Medicago</b>	88	102	57	59	28	8
<b>Trifolium</b>	162	131	109	106	46	15
<b>andere</b>	76	69	43	6	5	0
<b>Insgesamt</b>	<b>326</b>	<b>302</b>	<b>209</b>	<b>170</b>	<b>79</b>	<b>23</b>

### 3.2.2 Feldversuche mit Einzelpflanzen ( F1 und F2)

Um die Leguminosenarten und –akzessionen näher zu charakterisieren wurden jeweils im Frühjahr und im Herbst 2002 ein Versuch angelegt, die folgende Zielsetzung hatten:

1. Bestimmung der morphologischen Eigenschaften
2. Bestimmung der Dauer des Vegetationszyklus und Grades der Determiniertheit der Entwicklung
3. Prüfung auf Winterfestigkeit
4. Einschätzung der Adaptation an deutsche Standorte hinsichtlich der Tageslängenreaktion und des Vernalistaionsbedarfs
5. Einschätzung der Samenproduktion unter deutschen Bedingungen
6. Einschätzung der Geschwindigkeit der Jugendentwicklung
7. Erste Einschätzung der Biomassebildung und der Konkurrenzigenschaften und dabei Vergleich zwischen Sommer–und Winteranbau
8. Einschätzung der Gefahr einer ungewollten Ausbreitung auf der Basis von Aggressivität, Hartschalige Samen, Winterfestigkeit
9. Bestimmung der Fähigkeit zur Knöllchenbildung mit den in deutschen Böden vorhanden Rhizobienstämmen
10. Vermehrung des Materials

**Material** Das verwendete Material ist in Tabelle 5 aufgelistet. Im Versuch F2 wurden weniger Akzessionen angebaut als im Versuch F1. Dies ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass einige Arten bereits nach dem ersten Versuch als ungeeignet eingestuft werden konnten, zum Teil darauf, dass nicht genügend von dem gesammeltem Saatgut zur Verfügung stand und die Akzessionen nicht rechtzeitig für die zweite Einsaat vermehrt werden konnten.

**Durchführung** Die Versuche wurden mit dem gesammeltem Saatgutmaterial durchgeführt. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus in Multitopfplatten angezogen und in Reihen im Abstand von 25 cm ins Freie ausgepflanzt. (30 Pflanzen pro Versuch, ohne Wiederholungen). Auspflanztermine waren, je nach Geschwindigkeit der Jugendentwicklung, die zweite und dritte Aprildekade. Eine direkte Aussaat ins Freie war zu diesem Zeitpunkt noch nicht

möglich, da nicht genügend Saatgut zur Verfügung stand und zuwenig über Keimfähigkeit, Hartschaligkeit der Samen und Jugendentwicklung bekannt war.

**Merkmalerfassung** Folgende Merkmale wurden durch regelmäßige Bonituren während der Vegetationszeit erfaßt (unterstützt durch photographische Dokumentation):

- Entwicklungsstadien
- Biomasse
- Determiniertheit
- Wuchstyp
- Wuchshöhe
- Bestandsdichte

In den beiden Versuchen wurde eine Ernte zur Zeit der Samenreife durchgeführt.

### 3.2.3 Versuch mit Pflanzenbeständen in Kleinparzellen (F3)

**Ziele** Ziele des Versuche war die Bestimmung anbaurelevanter Merkmale unter praxisnäheren Bedingungen als die der Einzelpflanzenanlage:

- Bestimmung der Geschwindigkeit der Jugendentwicklung
- Bestimmung der Dauer des Entwicklungszyklus
- Bestimmung der Biomassebildung und des N-Gehalts im Aufwuchs
- Einschätzung der Agressivität gegen Gräser im vegetativem/generativem Stadium
- Bestimmung der Samenproduktion unter Deutschen Bedingungen
- Vermehrung des Materials

Die Anzahl der geprüften Akzessionen ist in Tabelle 5 aufgeführt. Es wurde nur noch das Material geprüft, bei dem aufgrund der vorhergegangenen Versuche eine Verwendung als Bodenbedecker für möglich gehalten wurde. Die Versuchsanlage ist in Tabelle 6 beschrieben, die Datenerhebungen in Tabelle 7. Aussaattermin war der Mitte April, infolge der Trockenheit kam es aber

erst Anfang Mai zur Keimung, so daß spätreifende Arten nicht mehr zur Reife kamen, frühreifende mit Langtagsreaktion besonders wenig Biomasse ausbildeten.

Tabelle 6: Versuchsanlage von Versuch F3

Parzellengröße	2 m <sup>2</sup>
Reihenabstand	25 cm
Versuchsdesign	Randomisierte Blöcke
Anzahl der Wiederholungen	3

Tabelle 7: Datenerhebungen in Versuch F3

Entwicklungsstadium	Bonitur	4 x
Bodenbedeckung	Bonitur	2 x (Rosettenstadium, Blüte)
Wuchshöhe	Bonitur	2 x (Rosettenstadium, Blüte)
Biomasse und N-Gehalt	Schnitt, Kjeldahl	1 x (Blüte)

### 3.2.4 Prüfung auf Keimfähigkeit und Hartschaligkeit (L1)

Die Bestimmung der Keimfähigkeit wurde an unter einheitlichen Bedingungen nachgebautem Material unter Verwendung der üblichen Standardmethoden für Futterleguminosen durchgeführt. Die Prüfung wurde bei 20°C auf Filterpapier durchgeführt. Erfasst wurden hartschalige Samen (nicht aufgequollen), nicht keimfähige Samen (aufgequollen), normal und anormal gekeimte Samen. Die Anzahl der untersuchten Arten sind in Tabelle 5 aufgeführt. Zusätzlich wurde, wo noch genügend vorhanden war, auch ein Teil des gesammelten Materials untersucht.

### 3.2.5 Prüfung auf Kältetoleranz in der Klimakammer (L2)

Die Prüfung wurde an Zuchtsorten und-linien des Erdklees durchgeführt, um die Ergebnisse des Winteranbauversuchs (F2) zu ergänzen. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus in flachen Styroporkästen angezogen (je Akzession 3 Kästen mit 48 Pflanzen) und im Rosettenstadium (ca. 6 Wochen nach der



Ansaat) in der Klimakammer zunächst bei 2°C abgehärtete und anschließend bei 6°C für 48 h befrosten. Zehn Tage später wurden die überlebenden Pflanzen ausgezählt.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden hier zusammenfassend für Arten bzw. Artengruppen wiedergegeben und diskutiert. Detaillierte Angaben zu den einzelnen Akzessionen können von unserer Dokumentation im Internet <http://www.wzw.tum.de/pbpz/leguminosen> abgerufen werden.

### 4.1 Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse

#### 4.1.1 Morphologische Eigenschaften

Die für die Eignung als Bodenbedecker in Mischanbausystemen wichtigen Eigenschaften sind in Tab. 10 aufgeführt. (Daten aus dem Einzelpflanzenversuch F1, weil hier das Gesamtsortiment untersucht wurde und weil sich morphologische Merkmale anhand von Einzelpflanzen besser charakterisieren lassen). Abgesehen von einigen rankenden Arten, *Hedysarum coronarium* und *Trigonella foenum-graecum* herrschte ein flacher Habitus bzw. niedrige Wuchshöhe bei hoher Dichte vor.

Welche Arten als Bodenbedecker in Frage kommen, muß vor allem in Hinblick auf die verwendete Hauptfrucht entschieden werden und hängt sowohl von ihren morphologischen Eigenschaften als auch von ihrem Vegetationszyklus ab. So sind die Anforderungen bei Mais wesentlich anders als bei Weizen oder Roggen.

#### 4.1.2 Biomasse und Gesamtstickstoff im Aufwuchs

Eine Bestimmung der Gesamttrockenmasse und der N-Mengen im Aufwuchs wurde nur bei Versuch F3, also bei Frühjahrsansaat durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 aufgeführt. Einige Arten wiesen so geringe Trockenmasseerträge auf ( $< 50 \text{ g/m}^2$ ), daß die Unterschiede bei ihnen nicht relevant waren und auf ihre exakte Bestimmung verzichtet wurde. Die höchsten Biomassen bildeten die Zuchtsorten von *T. subterraneum* und *Medicago spp.* mit  $250\text{--}350 \text{ g/m}^2$ . Die Biomasse von *M. orbicularis* war ebenfalls ausgesprochen hoch. Die Stickstoffmengen im Aufwuchs hingen in erster Linie von der Biomasse ab (der Gehalt lag, je nach Art zwischen 2 und 2,4 %) und lagen zwischen  $1 \text{ und } 10 \text{ g/m}^2$ . Das entspricht  $10 \text{ bis } 100 \text{ kg N/ha}$ . (s. Tab. 8) Die Ergebnisse können zwar nur erste Anhaltspunkte geben, bei geeigneter Wahl der Arten ist aber ein nennenswerter Beitrag zur N-Versorgung zu erwarten.

Tabelle 8: Biomasse und Gesamt-N im Aufwuchs bei Ökotypen und Zuchtsorten von *Medicago*-Arten und beim Erdklee ( $g/m^2$ )

	Biomasse	Gesamt-N
<i>Medicago spp.</i> , Zuchtsorten	279	6,0
<i>Medicago spp.</i> , Ökotypen	180	3,9
<i>T. subterraneum</i> , Zuchtsorten	270	5,8
<i>T. subterraneum</i> , Ökotypen	225	4,7
<i>Medicago orbicularis</i>	324	8,5
<i>Medicago minima</i>	137	3,4
<i>Trifolium campestre</i>	<50	<1

#### 4.1.3 Jugendentwicklung, Dauer des Vegetationszyklus und Determiniertheit der Entwicklung

Die Jugendentwicklung ist keineswegs bei allen Arten so schnell wie ursprünglich erwartet wurde. Sehr schnell verlief sie bei den Wicken- und *Lathyrus*-Arten, sowie bei *Trigonella foenum-graecum*. Etwas langsamer, aber immer noch wesentlich schneller als bei den Vergleichsarten Rotklee und Weißklee verlief sie bei *T. subterraneum* und vielen *Medicago*-Arten, vor allem bei den Zuchtsorten, sowie bei *Medicago orbicularis* und, in etwas geringerem Ausmaß bei *M. minima*. Bei *Trifolium campestre*, *T. glomeratum*, *T. tomentosum* und anderen, kleinsamigen Kleearten verlief sie wesentlich langsamer.

Bei Herbstsaat reiften die meisten Arten etwa 2-4 Wochen früher ab, als der Winterweizen in der Nachbarschaft, die Entwicklung erwies sich unter diesen Bedingungen außerdem als stark determiniert<sup>1</sup>, d. h. der Samenansatz war so hoch, daß keine weiteren Reserven für eine weitere vegetative Entwicklung mehr vorhanden waren.

Bei Frühjahrseinsaat waren die Verhältnisse anders, hier war der Blüten- und Samenansatz bei den meisten Arten geringer und das Stadium der Blüte und Samenreife erstreckte sich über einen längeren Zeitraum. Bei einigen Arten mit offenbar ausgeprägter Langtagsreaktion waren Vegetationsdauer und generatives Stadium aber ebenfalls von kurzer Dauer. Der größte Teil des Materials sind einjährig überwinterte Pflanzen aus dem Mittelmeerraum. Nördlich der Alpen sind die Tage im Sommer länger; außerdem fängt die Vegetationsperiode etwa 3-4 Wochen später an. Pflanzen mit ausgeprägter Langtagsreaktion fangen daher schon kurz nach dem Aufgang an zu blühen. Dies war bei einem Teil der Akzessionen der Fall Sie sind ungeeignet für

<sup>1</sup>der Begriff wird hier nicht im strengeren, physiologischen Sinn verwendet; hier geht es um die Dauer des Stadiums der Blüte und Samenreife

die Frühljahrsaussaat, da sie zur Blüte kommen, ohne eine nennenswerte Biomasse ausgebildet zu haben (Tab. 9). Eine andere Gruppe von Pflanzen, offenbar mit ausgeprägter Kurztagsreaktion, blüht erst im Herbst und kommt nur bei besonders günstigem Witterungsverlauf zur Reife. Es wird zwar eine ansehnliche Biomasse gebildet, bei einer Verwendung als Lebendmulch ist die Konkurrenz mit der Hauptfrucht zu groß (möglicherweise bilden sehr hochwüchsige Pflanzen wie Mais oder Sonnenblumen eine Ausnahme). Außerdem ist eine Samenproduktion unter deutschen Bedingungen nicht möglich. Eine dritte Gruppe von Pflanzen benötigt offenbar eine Kälteperiode zur Blühinduktion; bei Frühljahrsaussaat bleiben sie im Rosettenstadium. Es werden den ganzen Sommer über neue Seitentriebe gebildet, die sich schließlich in ihrer Entwicklung gegenseitig behindern. In unseren Versuchen blieb die dabei gebildete Biomasse niedrig. Nur bei einer kleinen Gruppe von Pflanzen erscheint eine Verwendung als Bodenbedecker mit Frühljahrsaussaat denkbar. Eine Übersicht über die Gruppen findet sich auf Tab. 9.

Tabelle 9: Beurteilungskriterien für die Aussaat zu verschiedenen Zeitpunkten im Lauf des Jahres

Mittlerer Blühtermin	M. polymorpha
Mittlere Biomasse	T. angustifolium
Tagneutral?	
Frühe Blüte	T. glomeratum, T. campestre
wenig Biomasse	T. foenum-graecum,
Langtagsreaktion	Medicago ciliaris
Viel Biomasse	M. truncatula, M. orbicularis
Wenig Samen	T. subterraneum, T. scabrum
Kurztagsreaktion	
Keine Blüte	M. minima, T. cherleri
Vernalisationsbedarf	

#### 4.1.4 Bildung von Wurzelknöllchen

Von den geprüften Arten schien lediglich *Hedysarum coronarium* besondere Rhizobien zu benötigen. Wurde nicht vor der Aussaat bzw. dem Auspflanzen mit Rhizobien von den Fundorten inokuliert, wurden keine Wurzelknöllchen gebildet. Es kam zu vermindertem Wachstum und zur Ausbildung von N-Mangelsymptomen.

#### 4.1.5 Samenproduktion und Erntbarkeit der Samen

Eine Saatgutproduktion ist unter deutschen Bedingungen beim überwiegenden Teil der Arten nur bei Herbstaussaat möglich. Bei nicht winterfesten Arten, die für Frühjahrseinsaat oder als abfrierende Bodenbedecker genutzt werden sollen (z. B. *Medicago truncatula*, *Medicago rugosa* u.a.) muß das Saatgut, in der Regel aus Australien, importiert werden. Am problemlosesten scheint die Saatgutproduktion bei *Medicago orbicularis* und *Medicago minima* zu sein: Beide Arten überwinterten gut, hatten einen sehr guten Samenansatz (die Samenproduktion auf den Kleinparzellen erreichte 200 g/m<sup>2</sup>), die Samenhülsen sitzen fest genug und hoch genug über dem Boden, dass eine Ernte mit konventioneller Erntetechnik möglich erscheint. (Im nächsten Sommer soll dies, zunächst mit Parzellentechnik, erprobt werden).

Die meisten anderen einjährigen *Medicago*-Arten werfen ihre Hülsen ab, so dass sie zum Erntezeitpunkt auf dem Boden liegen. Ähnlich wie beim Erdklee, dessen Samen bekanntlich dicht unter oder direkt auf der Erde reifen, können diese Arten nicht auf herkömmliche Weise geerntet werden. In Australien, wo diese Arten bisher fast ausschließlich vermehrt werden, ist hierfür eine spezielle Erntetechnik entwickelt worden. Es darf aber bezweifelt werden ob sich diese Technik auch unter nicht semiariden Bedingungen anwenden läßt. Tab. 12 und Tab. 13 geben einen Überblick über die Eigenschaften, die für die Saatgutproduktion relevant sind.

#### 4.1.6 Hartschalige Samen

Insbesondere bei den Wildsammlungen war der Anteil an hartschaligen Samen besonders hoch, in einigen Fällen lag die Keimfähigkeit bei unter 10%. Die Keimfähigkeitsprüfungen zeigten, dass bei den meisten Arten bereits nach einem, durch die Zwischenvermehrung bedingtem Selektionszyklus die Keimfähigkeit in den meisten Fällen auf 70–90% anstieg, so dass eine Beeinträchtigung des Anbaus durch einen hohen Anteil hartschaliger Samen nicht zu erwarten ist. Die wichtigste Ausnahme bildet der Erdklee. Bei ihm blieb die Keimfähigkeit der Gesammelten Akzessionen auch in der zweiten Generation schlecht, was vermutlich dadurch zu erklären ist, dass es sich um einen Selbstbefruchter handelt. Daß das Problem überwunden werden kann, zeigen die Zuchtsorten, bei denen die Keimfähigkeit der Samen durchweg hoch war.

#### 4.1.7 Gefahr einer ungewollten Ausbreitung bzw. Persistenz

Diese ist dann gegeben, wenn die Art aggressiv gegenüber Kulturpflanzen und winterfest ist, große Mengen an Samen mit hohem Anteil an hartschaligen Samen bildet und durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen schwer kontrol-

liert werden kann. Die Arten, die aufgrund unserer Untersuchungen für die Entwicklung von Lebendmulchsystemen in Betracht kommen, sind unter anderem nach dem Kriterium ausgewählt worden, daß sie die Kulturpflanzen nicht unterdrücken; sie weisen durchweg eine niedrige Wuchshöhe auf, so daß unter diesem Aspekt nicht zu erwarten ist, daß sie zu gefährlichen Unkräutern werden. Die Fähigkeit zur Selbstaussaat ist gegeben und sogar erwünscht. Wie bei allen kleinkörnigen Leguminosen ist ein Prozentsatz von hartschaligen Samen in der Größenordnung von 20 % zu erwarten, so daß die Bildung einer Samenbank im Boden grundsätzlich möglich ist. Bei den Versuchen im ersten Jahr bildeten sich nach Selbstaussaat im Herbst dichte Bestände; sie konnten durch konventionelle Bodenbearbeitung gut unter Kontrolle gehalten werden. Es sei außerdem darauf hingewiesen, daß die meisten der in Frage kommenden Arten immer in Deutschland eingeschleppt worden sind und auf den Florenlisten auftauchen. Zu einer Massenausbreitung ist es bei keiner dieser Arten gekommen.

#### 4.1.8 Winterfestigkeit

Da besonderer Bedarf an Leguminosen für die Herbstaussaat besteht, andererseits die meisten Akzessionen mediterraner Herkunft sind, war die Prüfung auf Winterfestigkeit ein wichtiger Aspekt von Versuch F2. In drei Frostperioden sanken die Temperaturen bis auf  $-14^{\circ}\text{C}$ , z. T. ohne schützende Schneedecke, so daß eine gute Differenzierung der Arten bzw. Akzessionen hinsichtlich der Kältetoleranz gut erkennbar war (Tab.??).

Als besonders frostanfällig erwiesen sich einige *Medicago*-Arten ausgeprägt mediterraner Herkunft, während die in Gebirgslagen gesammelten Akzessionen, vor allem von *Medicago minima* und *Medicago orbicularis* sich als widerstandsfähiger erwiesen. Bei den Arten *Trifolium subterraneum* und *Medicago polymorpha* gab es sowohl relativ kältefeste als auch kälteempfindliche Akzessionen. Besonders beim Erdklee (*T. subterraneum*) ist den vorliegenden Ergebnissen zufolge die Selektion kältefesterer Formen möglich, hierzu ist aber eine regelrechte züchterische Bearbeitung notwendig, da gleichzeitig die im Zusammenhang mit den hartschaligen Samen aufgetretenen Probleme überwunden werden müssen.

Tabelle 10: *Eigenschaften, die für die Eignung als Bodenbedecker von Bedeutung sind, Mittelwerte für die wichtigsten Arten, (Beginn der Blüte, Vers.F1). Wuchshöhe in cm, Dichte, und Biomasse als Mittelwerte von Bonituren mit einer Skala von 1-9, Habitus: 1=aufrecht, 2=halbaufrecht, 3= niederliegend, Entwicklungsstadium: (1: Blüte unmittelbar nach dem Auspflanzen, 2: nach 2-5 Wochen, 3: nach 5-7 Wochen, 4: nach 7-9 Wochen, 5: mehr als 9 Wochen*

Art	Bio- masse	Wuchs- Höhe <sup>1</sup>	Dich- te	Habi- tus	Reife- gruppe
<i>Biserrula pelecinus</i>	6,8	8,5	7,0	3,0	4
<i>Hedysarum coronarium</i>	6,8	25,0	6,3	2,1	4
<i>Hedysarum spinosissimum</i>	5,0	20,0	3,5	2,0	4
<i>Lathyrus aphaca</i>	5,3	24,6	5,5	2,9	2
<i>Medicago aculeata</i>	8,0	10,0	6,0	3,0	3
<i>Medicago arabica</i>	6,6	13,0	7,0	3,0	3
<i>Medicago blanchiana</i>	5,0	11,3	3,9	2,1	2
<i>Medicago ciliaris</i>	5,8	10,0	3,6	2,6	3
<i>Medicago coronata</i>	7,3	10,0	6,2	3,0	3
<i>Medicago disciformis</i>	7,7	10,0	6,3	3,0	4
<i>Medicago echinata</i>	8,0	15,0	7,5	3,0	2
<i>Medicago granadensis</i>	7,5	25,0	6,8	2,5	2
<i>Medicago laciniata</i>	7,8	10,0	5,4	2,5	3
<i>Medicago littoralis</i>	8,0	15,0	6,3	3,0	2
<i>Medicago minima</i>	7,7	10,0	7,9	3,0	3
<i>Medicago orbicularis</i>	6,9	10,0	6,3	3,0	2
<i>Medicago polymorpha</i>	8,6	14,0	6,7	3,0	2
<i>Medicago radiata</i>	9,0	10,0	7,3	2,5	2
<i>Medicago rigidula</i>	8,5	8,3	6,4	3,0	2
<i>Medicago rotata</i>	7,0	5,0	5,7	2,7	2
<i>Medicago rugosa</i>	5,5	10,0	3,6	2,1	2
<i>Medicago truncatula</i>	4,5	11,8	3,8	2,3	2
<i>Medicago turbinata</i>	6,0	10,0	4,0	3,0	3
<i>Ornithopus compressus</i>	6,8	14,0	7,0	2,8	3
<i>Scorpiurus muricatus</i>	8,0	15,0	8,5	3,0	2
<i>Trifolium alexandrinum</i>	5,0	15,0	5,0	2,5	4
<i>Trifolium angustifolium</i>	5,3	16,7	5,3	3,0	4
<i>Trifolium arvense</i>	5,0	20,0	3,9	3,3	3
<i>Trifolium campestre</i>	5,6	11,6	6,0	3,0	3
<i>Trifolium cherleri</i>	7,9	11,7	8,3	2,9	3
<i>Trifolium glomeratum</i>	7,2	17,2	4,7	3,0	2
<i>Trifolium nigrescens</i>	8,4	10,0	7,2	3,0	2
<i>Trifolium scabrum</i>	6,7	9,0	6,3	2,9	4
<i>Trifolium subterraneum</i>	6,5	11,9	6,9	3,0	2
<i>Trifolium tomentosum</i>	7,0	10,0	7,5	3,0	3
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	4,1	30,0	3,0	2,0	4

<sup>1</sup>Versuch F1, in cm

Tabelle 11: Winterfestigkeit, Mittel der Arten (Auswahl). Prozentsatz frostgeschädigter Pflanzen, Grad der Schädigung (Anteil abgestorbener Pflanzenteile)

<b>Art</b>	<b>Geschädigte Pflanzen</b>	<b>Schädigungsgrad</b>
<i>Biserrula pelecinus</i>	40 %	25 %
<i>Galega officinalis</i>	100 %	70 %
<i>Hedysarum coronarium</i>	95 %	53 %
<i>Lathyrus aphaca</i>	0 %	0 %
<i>Medicago arabica</i>	81 %	10 %
<i>Medicago ciliaris</i>	100 %	100 %
<i>Medicago laciniata</i>	100 %	100 %
<i>Medicago littoralis</i>	100 %	50 %
<i>Medicago minima</i>	6 %	12 %
<i>Medicago orbicularis</i>	3 %	1 %
<i>Medicago polymorpha</i>	53 %	15 %
<i>Medicago rigidula</i>	11 %	5 %
<i>Medicago rotata</i>	100 %	100 %
<i>Medicago rugosa</i>	100 %	10 %
<i>Medicago truncatula</i>	100 %	100 %
<i>Medicago turbinata</i>	100 %	90 %
<i>Ornithopus compressus</i>	88 %	10 %
<i>Pisum sativum ssp. elatius</i>	91 %	15 %
<i>Scorpiurus muricatus</i>	100 %	50 %
<i>Trifolium alexandrinum</i>	33 %	13 %
<i>Trifolium angustifolium</i>	19 %	2 %
<i>Trifolium campestre</i>	11 %	2 %
<i>Trifolium cherleri</i>	15 %	14 %
<i>Trifolium glomeratum</i>	90 %	57 %
<i>Trifolium nigrescens</i>	68 %	38 %
<i>Trifolium scabrum</i>	8 %	2 %
<i>Trifolium subterraneum</i>	18 %	4 %
<i>Trifolium tomentosum</i>	100 %	50 %
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	88 %	79 %



Tabelle 12: Möglichkeit der Saatgutproduktion unter deutschen Bedingungen

Saatgutproduktion voraussichtlich möglich	<i>M. minima</i> , <i>M. orbicularis</i> , <i>T. campestre</i> , <i>T. angustifolium</i> <i>Vicia</i> -und <i>Lathyrus</i> -Arten
Erntetechnische Probleme	<i>T. subterraneum</i> , <i>T. cherleri</i> , <i>M. truncatula</i> , <i>M. polymorpha</i> , fast alle weiteren <i>Medicago</i> - Arten
Saatgutproduktion nicht möglich wegen fehlender Adaptation	<i>T. glomeratum</i> , <i>M. truncatula</i> , viele nicht Winterfeste <i>Medicago</i> -Arten, <i>H. coronarium</i> <i>T. foenum-graecum</i>

Tabelle 13: Kriterien für die Erntbarkeit der Samen

Hinreichend festsitzende Samen bzw. Hülsen	<i>M. minima</i> , <i>M. orbicularis</i> , <i>M. arabica</i> <i>T. campestre</i> , <i>T. glomeratum</i> , <i>T. scabrum</i> <i>T. nigrescens</i> , <i>T. angustifolium</i>
Leicht abfallende Hülsen	<i>M. truncatula</i> , <i>M. rugosa</i> , <i>M. rotata</i> , <i>M. blanchiana</i> ,
Schwer ausdreschbar	<i>T. scabrum</i> , <i>M. truncatula</i> , <i>M. echinata</i> <i>O. compressus</i>
Samenansatz hoch genug über der Erde	alle <i>Medicago</i> -Arten, <i>T. campestre</i> <sup>1</sup> <i>T. angustifolium</i>
Samen auf/unter der Erde	<i>T. subterraneum</i>

## 4.2 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. In dem untersuchtem Material konnten Arten bzw. Populationen gefunden werden, die sowohl adaptionsfähig als auch funktionell für Lebendmulchsysteme geeignet erscheinen.
2. Als überwinternde Bodenbedecker erscheinen die Arten *Medicago minima* und *Medicago orbicularis* sowohl funktionell als auch hinsichtlich der Adaptionsfähigkeit am geeignetsten. Außerdem dürfte bei ihnen die Saatgutproduktion unter deutschen Bedingungen auf geringere Schwierigkeiten stoßen.
3. Der Feldklee (*Trifolium campestre*) ist ebenfalls gut akklimatisierbar. Charakteristisch sind geringe Biomasse und geringe Aggressivität. Er könnte als Bodenbedecker von Interesse sein, wenn sich die anderen Arten als zu aggressiv herausstellen sollten. In jedem Fall von Nachteil ist die langsame Jugendentwicklung und die sehr kleinen Samen. Die Saatgutproduktion dürfte wegen des niedrigeren Wuchses und der kleinen Samen schwieriger sein als bei den *Medicago*-Arten (etwa mit dem Weißklee vergleichbar).
4. Der Erdklee (*Trifolium subterraneum*) und *Medicago polymorpha* sind ebenfalls potentiell geeignet, es müßte aber erst eine züchterische Bearbeitung mit dem Ziel, eine bessere Winterfestigkeit mit einem geringeren Anteil hartschaliger Samen zu verbinden, durchgeführt werden. Beim Erdklee wäre ein weiteres Zuchtziel niedriger und dichter Wuchs; die getesteten Zuchtsorten erscheinen infolge ihrer hohen Biomasseproduktion möglicherweise bereits zu aggressiv. Unter dem gesammelten Material befanden sich einige Akzessionen mit niedrigem, dichtem Wuchs und geringerer Biomasseproduktion. Für ein Züchtungsprojekt müßte weiteres Material gesammelt werden. Die Saatgutproduktion erfordert Spezialtechnik, ihr Erfolg unter deutschen klimatischen Bedingungen ist ungewiß. Es wäre allerdings problemlos möglich, australische Saatgutfirmen mit der Produktion zu beauftragen.
5. Als abfrierende Bodenbedecker wären *Medicago truncatula* und weitere frostempfindliche *Medicago*-Arten, sowie frostempfindliche Sorten von *M. polymorpha* geeignet. Zuchtsorten von *Medicago truncatula* hatten in unseren Versuchen hohe Biomasseerträge und haben außerdem den Vorteil der relativ leichten Saatgutbeschaffung. Eine Saatgutproduktion ist unter deutschen Bedingungen kaum möglich. Saatgut verschiede-

ner, sehr produktiver Zuchtsorten wird in Australien produziert. Weitere frostempfindliche Arten, von denen Zuchtsorten existieren sind *M. rugosa* und *M. rotata*.

6. Es konnte bisher keine Art identifiziert werden, die bei Frühjahrsaussaat hinreichend dichte Bestände bildet, um als Bodenbedecker verwendet zu werden und gleichzeitig früh genug reift, um nicht mit der Hauptfrucht zu konkurrieren. Bei Versuch F1 war dies zwar bei einigen *Medicago*-Arten der Fall, was aber bei Versuch F3 nicht bestätigt werden konnte. Bei Versuch F1 muß berücksichtigt werden, daß die Pflanzen im Gewächshaus angezogen waren, bei Versuch F3 verstärkte die witterungsbedingt späte Keimung einerseits die frühe Reifung und geringe Biomasse bei den Arten mit ausgeprägter Langtagsreaktion, andererseits die verspätete Reifung bei den Pflanzen mit Kurztagsreaktion. Weitere Versuche und Erfahrungen werden zeigen, ob ein Einsatz als Bodenbedecker bei Frühjahrsaussaat bei einigen Arten möglich ist, ein gewisses, durch gegebenenfalls ungünstige Keimungsbedingungen bedingtes Risiko wird aber bestehen bleiben.
7. Bei den *Vicia*- und *Lathyrus*-Arten konnte kein Vorteil gegenüber der bereits jetzt gebräuchlichen Sommer- und Winterwicke beobachtet werden. *Lathyrus aphaca* hat außerdem eine sehr langsame Jugendentwicklung. *Hedysarum coronarium* bildete bei Frühjahrsaussaat eine beachtliche Biomasse, muß dazu aber inokuliert werden (in unserem Fall mit Erde vom Fundort) und ist nicht winterfest.

### 4.3 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau

Der Nutzen des Projekts besteht darin, mit der Identifikation neuer, geeigneter Arten und der Bereitstellung von Saatgut eine Basis für die Weiterentwicklung und Verbesserung von Lebendmulchsystemen geschaffen zu haben.

Das Potential der ganzen ökologischen Gruppe von Pflanzen konnte abgeschätzt werden. Es steht jetzt fest, dass keine unüberwindlichen Hindernisse hinsichtlich der Akklimatisierung und der allgemeinen Anbaueignung bestehen. Unter den untersuchten Arten konnten solche identifiziert werden, bei denen weitere Untersuchungen bzw. eine züchterische Bearbeitung vielversprechend ist. Bei den wichtigsten Arten, von denen innerhalb der Vorhabens zahlreiche Akzessionen untersucht wurden, steht geeignetes Ausgangsmaterial für eine Zwischenvermehrung, erste Anbauversuche und weitere Vermehrung zur Verfügung. Entsprechende Forschungsaktivitäten sind geplant.

Der direkte Nutzen für den Ökologischen Landbau wird sich erst in Anschluß an geplante Forschungsaktivitäten ergeben, in denen die Anbausysteme unter Nutzung der Arten mit den günstigsten Anbaueigenschaften weiterentwickelt werden sollen. Er besteht für den praktischen Landwirt in *verbesselter Qualität*, insbesondere beim Weizen, und, über die gesamte Fruchtfolge gesehen, höheren und stabileren Erträgen infolge besserer Stickstoffversorgung und biologischer Diversifizierung.

Den *Saatgutproduzenten* (insbesondere kleine und mittlere Betriebe) erschließen sich neue Produkte und neue Märkte, wobei die Einschränkung durch das Saatgutverkehrsgesetz gering sind, da für die meisten der interessierenden Arten die Wertprüfung und Eintragung in das Sortenregister nicht vorgeschrieben ist. Das beschleunigt auch die Einführung in die Praxis.

#### **4.3.1 Ableitung von Vorschlägen, die durch das BMVEL verwendet werden können**

Wir empfehlen dem BMVEL, weiterführende Forschungsprojekte zu unterstützen. Dazu gehören die weitere Prüfung dieses oder ähnlichen Materials unter praxisnäheren Bedingungen, die Weiterentwicklung der Anbausysteme mit den gefundenen Leguminosenarten, sowie die züchterische Bearbeitung einiger Arten, insbesondere die Selektion adaptierter Erdkleesorten.

## 5 Zusammenfassung

In diesem, auf zwei Jahre angelegtem Projekt wurden in 3 Feldversuchen 427 Akzessionen von insgesamt 56 Arten einjähriger Leguminosen auf ihre Eignung als Gründüngungspflanze, insbesondere als Bodenbedecker in speziellen Mischanbausystemen, sogenannte Lebendmulch-("Living Mulch") Systeme in Deutschland geprüft. Dabei handelte es sich zum größten Teil um Wildpopulationen und zum geringeren Teil um Zuchtsorten. Die Herkunftsgebiete liegen in erster Linie im Mittelmeerraum, da hier die biologische Diversität am höchsten ist. In Mittel- und Nordeuropa sind geeignete Arten nur sehr selten.

Im Vordergrund der Evaluierungen standen neben der Akklimatisierbarkeit morphologische Eigenschaften (Habitus und Dichte) die Dauer des Entwicklungszyklus, Biomassebildung und N-Aufnahme. Bei einem Teil der Arten lagen noch keine Erfahrungen im Anbau vor. Hier mußten daher außerdem Kriterien der generellen Anbaueignung, insbesondere die Möglichkeit der Produktion ausreichender Mengen von Saatgut erfaßt werden.

Durch diese Evaluierung konnte die ursprünglich sehr große Anzahl möglicherweise geeigneter Arten soweit eingeschränkt werden, dass nun eine weitergehende Forschungs- und Züchtungsarbeit möglich ist.

Gleichzeitig wurden die ursprünglich sehr geringen Saatgutmengen soweit vermehrt, dass von den wichtigsten Arten genügend Saatgut für weitergehende Untersuchungen, bzw. züchterische Bearbeitung zur Verfügung steht.

## 6 Ursprünglich geplante und erreichte Ziele

Die in Abschnitt 1.2 genannten Ziele des Projekts wurden erreicht, zum Teil mit Einschränkungen:

**Einschätzung des Potentials der ökologischen Artengruppe:** Das Ziel wurde erreicht; bei geeigneter Wahl der Art bzw. Sorte ist die untersuchte Gruppe von Pflanzen auch unter deutschen Bedingungen zur Entwicklung von Lebendmulchsystemen von Interesse.

**Identifikation neuer anbauwürdiger Arten:** Das Ziel wurde ebenfalls erreicht, einige Arten erwiesen sich, zumindest nach den bisherigen Erfahrungen als adaptiert und weisen die zuvor definierten Eigenschaften auf. Die Variante "Überwinternde Bodenbedecker" erscheint derzeit am vielversprechendsten.

**Selektion von Zucht- und Versuchsmaterial:** Das Ziel wurde erreicht, geeignete Populationen als Ausgangsmaterial für weiterführende Untersuchungen, für die Züchtung und zur Vermehrung stehen zur Verfügung und können, wenn sich die bisherigen Ergebnisse bestätigen, in den nächsten Jahren probeweise in Praxisbetriebe eingeführt werden.

**Zuordnung der Arten zu einer der oben angeführten Nutzungsformen:** Die Zuordnung konnte erfolgen. Erwartungsgemäß eignet sich ein Teil des untersuchten Materials für keine der angesprochenen Nutzungsformen; nur wenige Arten eignen sich zur Etablierung von Lebendmulchen bei Frühjahrseinsaat.

**Entwicklung einer Strategie der Versorgung mit Saatgut:** Strategien werden derzeit entwickelt; eine Produktion durch die Landwirte selbst wird (zunächst) angestrebt, wofür bei einigen Arten die Bedingungen günstig erscheinen. Eine möglichst einfache Produktionstechnik ist auch Voraussetzung für eine kommerzielle Produktion zu annehmbaren Preisen.

### 6.1 Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Weiterführende Fragestellungen sind:

1. Optimierung der Anbausysteme (Aussaattermine, Bodenbearbeitung usw.).

2. Prüfung der Möglichkeiten der Etablierung und Nutzung selbstaussäender mehrjähriger Bestände.
3. Prüfung weiteren Zuchtmaterials der wichtigsten Arten.
4. Welche Sorten von Hauptfrüchten (insbesondere Getreide) sind für Lebendmulchsysteme geeignet? Ist eine gezielte Züchtung notwendig bzw. sinnvoll?.
5. Analyse der Wirkungen von Lebendmulchsystemen auf das Agrarökosystem (Nährstoff- und Humusdynamik, Bodenbiologie, Krankheitsbefall).
6. Analyse der Wirtschaftlichkeit von Lebendmulchsystemen.

## Literatur

- [1] Reents HJ, Möller K 1999 Strategies to avoid nitrate leaching after potatoe crops applying different cultivations methods to the following cereals.-In: J.E. Olesen, E. Eltun, M. J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (Eds.): Designing and testing crop rotations for organic farming Proceedings from an international workshop. Danish Research Centre for Organic Agriculture.
- [2] Möller K, Reents HJ 1999 Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratdynamik im Boden und auf das Wachstum der Folgefrüchte Kartoffeln und Weizen im ökologischen Anbau. Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauw. 1999, 12, 119-120.
- [3] Reents HJ, Möller K 2000 Effect of different green manure catch crops grown after peas on nitrate dynamics in soils and on yield and quality of subsequent potatoes and wheat. Proceeding 13th IFOAM Scientific Conference. S. 73-76.
- [4] Reents HJ Möller K, 2001 Stickstoffmanagement im Ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Zwischenfrüchten. Beitr. 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; 6.-8. März 2001 Freising-Weihenstephan. Hrsg. H. J. Reents. Berlin: Köster, 2001, 179-182.
- [5] Al V Baysal I 1996 A research on the effect of row spacing to some agricultural characters of three local bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.)

- Willd.) grown in Sanliurfa. 3. Meadow-Pasture and Fodder Congress in Turkey. Turkiye Ataturk University. Jun 1996. 822 p. p. 274-279.
- [6] Aufhammer W 1999 Mischanbau von Getreide und anderen Körnerfruchtarten Ulmer, Stuttgart.
- [7] Becker K, Leithold G 2001 Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Wei-te Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspekts bei Backweizen. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Köster Verlag 2001, s 429-432
- [8] Brandsaeter LO, Netland J 1999 Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: I. Field experiments. Crop Science. 1999, 39: 5, 1369-1379.
- [9] Brandsaeter LO, Smeby T, Tronsmo AM, Netland J 2000 Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: II. Frost resistance study. Crop Science. 2000, 40: 1, 175-181.
- [10] Braun, Josef 85354 Freising, Dürneck 23
- [11] Degregorio R, Schonbeck MW, Levine J.; Iranzo Berrocal G, Hopkins H 1995: Bigflower vetch and rye vs. rye alone as a cover crop for no-till sweet corn. Journal of sustainable agriculture (USA). (1995). v. 5(4) p. 7-18.
- [12] Fara G, Franca A, Porqueddu C, Caredda S, Roggero PP 1997: Mediche e trifogli annuali autoriseminanti per usi foraggeri e non convenzionali: I. Adattamento e persistenza. (Self-resowing annual medics and clovers for forage and other uses: I. Adaptation and persistence.). Rivista-di-Agronomia. 1997, 31: 4, 1009-1018.
- [13] Feil B 2001: Pflanzenproduktion in lebenden Mulchen– eine Übersicht. Pflanzenbauwissenschaften 5 (1), s. 15-23
- [14] Germeier CU 1997: Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen– und Kräuterbeisaaten. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 288-294
- [15] Grubinger VP, Minotti PL, 1990: Managing white clover living mulch for sweet corn production with partial rototilling. American Journal of Alternative Agriculture 1990, 5/1, s. 4-10



- [16] Ilnicki RD, Enache AJ 1992: Subterranean clover living mulch: an alternative method of weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 40, 249-264
- [17] Kahnt G 1983: Gründung. DLG-Verlag, Frankfurt (Main)
- [18] Koepke U, Weber M 1996 Qualitäts-Backweizen aus Organischem Landbau durch Streifenanbau mit Futterleguminosen: Phytopathologische und herbologische Einflußfaktoren. *Forschungsberichte Heft Nr. 37*, Institut f. Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- [19] Köpke U. 1987 Symbiontische Stickstofffixierung und Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen (*Vicia Faba L.*). *Habilitationsschrift Landwirtschaftliche Fakultät, Universität Göttingen*
- [20] Laber H 1999: Düngung im ökologischem Gemüsebau. *Informationsschrift der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*
- [21] Loges R, Kaske A, Taube F 1999 Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat.
- [22] Mücke 1999 Erzeugung von Qualitätsweizen im ökologischem Landbau– Weite Reihenabstände machen es möglich. *SÖL-Berater-Rundbrief 3/99: 5-10*
- [23] Pülschen L 1992 Effects of two underseed species, *Medicago polymorpha L.* and *Scorpiurus muricatus L.*, on the yield of main crop (durum wheat) and subsequent crop (teff) under humid moisture regimes in Ethiopia. *Journal-of-Agronomy-and-Crop-Science*. 1992, 168: 4, 249-254
- [24] Richter S, Delbruck J 2001 Einfluß der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. *Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischem Landbau. Köster Verlag 2001, s. 233-236*
- [25] Rumbaugh M.D. 1990 Special purpose forage legumes. p. 183-190. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
- [26] Rauber R, Schmidtke D, 1999 Nutzung der symbiontischen Stickstoff-Fixierleistung bei Leguminosen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 12, 1-6

- [27] Schmitt L, Trinks K, Overmeyer U, Dewes T 1995 Einfluß von Leguminosen-Untersaaten auf die Leistung von Winterweizenbeständen des Ökologischen Landbaus. Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau, Wissenschaftlicher Fachverlag, Kiel.
- [28] Taylor NL 1990 The true clovers. p. 177-182. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR.
- [29] Holle R, Untied H 1999 Crop rotation on organic farms in northern germany and developement of the wide row system. In: Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop, Danish Research Centre for Organic Agriculture
- [30] Scheller E 1993 Felduntersuchungen zur Optimierung der Stickstoffversorgung der Pflanzen aus dem N-Stoffwechsel des Bodens. Diss. Witzhausen
- [31] Piorr A 1992 Zur Wirkung von residualem Klee gras- und Wirtschaftsdüngerstickstoff auf die N-Dynamik in ökologisch Bewirtschafteten Böden und die N-Ernährung von Getreide. Diss. Bonn
- [32] Ruhe I 2000 Winterweizenbau in stickstofflimitierten Produktionssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Ertragsbildung, der Organischen Düngung und der mechanischen Beikrautregulierung. Diss. Kiel
- [33] Reents HJ, Möller K, Maidl FX 1996 Nutzung des Bodennitrats nach Kartoffeln durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide. Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauwissenschaften, 9, 47-48
- [34] Becker K, Leithold G 2002: Strategien zur Optimierung von Backqualitäten und Fruchtfolge im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 77-80
- [35] Grass R, Scheffer K 2003 Direkt- und Spätaussaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht – Erfahrungen aus Forschung und Praxis. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 45-48
- [36] Paulsen HM, Böhm H, Stuckert P, Ulverich J 2003: Anbau von Raps mit Kleeunter Saat im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 491-491

- [37] Neumann H, Loger R, Taube F 2002: Wirtschaftlichkeit des Systems "Weite Reihe" im Getreidebau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 81–84
- [38] Paulsen HM, Dahlmann C, Pscheidl M 2003: Anbau von Ölpflanzen im Mischanbau mit anderen Kulturen im ökologischen Landbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 49–52
- [39] Pietsch G, Surböck A, Wagentristl H, Zollitsch E, Freuyer B 2003: Sortenvergleich von Körner- und Futtererbsen in Reinsaat und im Gemenge. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 493–494
- [40] Pommer G 2003: Auswirkungen von Saatstärke, weite Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 69–72
- [41] Söllinger J 2003: Ergebnisse zum System Weite Reihe bei Winterweizen in Oberösterreich. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischem Landbau. Wien 2003 s. 73–76
- [42] International Legume Database and Information Service. <http://www.ildis.org/LegumeWeb/>
- [43] Homepage unseres Projekts (Beschränkt zugängliche Arbeitsversion) <http://www.wzw.tum.de/pbpz/leguminosen/index.htm>
- [44] Baresel JP, Schenkel W, Reents HJ 2002 : Screening of Annual Legumes as Living Mulches for Alternative Cropping Systems in Germany. Vortr. f. Pflanzenz. 59, s.47-49