5 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Diversität innerhalb der Art *G. aparine* zu untersuchen. Dies erfolgte anhand von 24 Ackerpopulationen aus verschiedenen Ländern Europas mit unterschiedlicher Feldhistorie. Zum Vergleich wurden bei einigen Untersuchungen eine Herkunft aus einer Hecke und eine von *G. spurium*, die mit *G. aparine* nah verwandt ist, mitgeführt. Die Populationen wurden hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Herbiziden sowie hinsichtlich ihrer Morphologie und Phänologie untersucht. Abschließend wurden die Herkünfte molekularbiologisch mithilfe der RAPD-PCR charakterisiert.

5.1 Untersuchungen zur Herbizidempfindlichkeit

Bereits in den siebziger und achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde gelegentlich über Probleme bei der Bekämpfung von *G. aparine* mit Mecoprop- und Fluroxypyr-Produkten berichtet. Die Ursache vermutete man in einer Selektion von Mecoprop- bzw. Fluroxypyr-resistenten Biotypen sowie in ungünstigen Witterungsbedingungen zum Applikationstermin. Es sahen sich somit einige Autoren, wie auch in vorliegender Arbeit, veranlasst, die Variabilität verschiedener *G. aparine*-Herkünfte hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Herbiziden unter möglichst kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Da die Art und Weise, wie die Herbizidempfindlichkeiten ermittelt wurden, von Autor zu Autor aufgrund verschiedener Versuchsansätze variiert, wird in der Diskussion insbesondere auf die ermittelten Unterschiede zwischen den Herkünften eingegangen.

Von allen in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Herbiziden konnte hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber **Mecoprop-P** die kleinste Variabilität zwischen den Herkünften ermittelt werden (s. Kapitel 4.1.1); die unempfindlichste Herkunft benötigte auf jedem Wirkungsniveau 1,5-mal mehr Herbizid als die empfindlichste. Hinsichtlich der für die Bekämpfung relevanten ED_{90} variierten die *G. aparine*-Populationen zwischen 590 und 867 g/ha Mecoprop-P, so dass alle Herkünfte mit 49-72 % der empfohlenen Aufwandmenge (1200 g/ha) bekämpft werden konnten.

In der Literatur liegen vor allem Ergebnisse vor, die sich auf Untersuchungen mit Mecoprop beziehen. Während sich dieser Wirkstoff aus einem Gemisch optisch rechts und links drehender Formen zusammensetzt, besteht Mecoprop-P ausschließlich aus der optisch

rechts drehenden Form. Da nur Letztere herbizid wirksam ist, konnte die empfohlene Aufwandmenge mit der Einführung von Mecoprop-P reduziert werden. Hinsichtlich der Wirkungsweise existieren keine Unterschiede, so dass die in vorliegender Arbeit erzielten Ergebnisse mit Mecoprop-P, zumindest hinsichtlich der ermittelten Unterschiede zwischen den Herkünften, mit den in der Literatur vorliegenden Resultaten zu Mecoprop vergleichbar sind.

LUTMAN und LOVEGROVE (1985) untersuchten die Empfindlichkeit von *G. aparine* gegenüber Mecoprop anhand von zehn britischen Populationen. Dabei konnten sie bei gutem Bekämpfungserfolg etwa bis zu doppelt so große Unterschiede zwischen den Herkünften wie in den eigenen Untersuchungen ermitteln: Die empfindlichste und unempfindlichste Herkunft unterschieden sich etwa um das 3fache voneinander. Die sensitivste Herkunft war eine Ackerpopulation, die unsensitivste eine Heckenpopulation, die in ihrer Historie im Vergleich zur Ersteren nur wenigen Mecoprop-Behandlungen ausgesetzt war. Somit scheinen nach Ansicht der Autoren die in diesem Rahmen ermittelten Unterschiede zwischen den Herkünften auf eine natürliche Variabilität und nicht auf eine häufige Anwendung von Mecoprop-Produkten und eine daraus resultierende Selektion weniger empfindlicher Herkünfte zurückzuführen zu sein.

FROUD-WILLIAMS und FERRIS–KAAN (1991) untersuchten fünf englische vom Acker sowie fünf aus angrenzenden Hecken stammende Herkünfte und konnten bei gutem Bekämpfungserfolg sogar Unterschiede um bis zu einem Faktor von 7,4 ermitteln. Hier war jedoch, im Gegensatz zu den Ergebnissen obiger Autoren, die empfindlichste Herkunft eine Heckenpopulation und die unempfindlichste eine Herkunft vom Acker. Insgesamt betrachtet konnten die Autoren jedoch, wie LUTMAN und LOVEGROVE (1985) auch, keinen Zusammenhang zwischen dem Mecoprop-Einsatz, dem die Herkünfte in ihrer Historie ausgesetzt waren und der Empfindlichkeit gegenüber diesem Wirkstoff nachweisen; die meisten Heckenpopulationen, die in ihrer Historie wenigeren Mecoprop-Behandlungen ausgesetzt waren, reagierten unempfindlicher als die Ackerpopulationen. Selbst diese von den Autoren ermittelte recht große Variabilität kann somit nicht auf Selektionsprozesse, hervorgerufen durch den mehr oder weniger häufigeren Einsatz von Mecoprop, zurückzuführen sein.

NIEMANN (1988), der norddeutsche Herkünfte - sechs Acker- und eine Nichtackerpopulation - bezüglich ihrer Mecoprop-Empfindlichkeit untersuchte, stellte fest, dass die unempfindlichste Herkunft sich lediglich um etwa bis das 2fache von der empfindlichsten unterschied. Die mitgeführte Nichtackerherkunft wich dabei nicht besonders von den Ackerpopulationen ab.

Auch NIEMANN (1988) hielt es nicht für möglich, dass eine Variabilität in diesem ermittelten Ausmaß die Ursache für mögliche Bekämpfungsprobleme auf den Kulturflächen sein könnte und schlussfolgerte allgemein, dass eine unzureichende Wirkung in der Praxis primär auf ungünstige Umweltbedingungen zum Applikationstermin zurückzuführen sein muss.

In den eigenen Untersuchungen waren die ermittelten Unterschiede zwischen den Populationen, wie bereits aufgeführt, noch kleiner als bei allen genannten Autoren. Anhand der Feldhistorie, die für vier sich nicht signifikant voneinander unterscheidende Herkünfte (B1, B2, F4, F5) vorlag, konnte aufgezeigt werden, dass zumindest im Zeitraum von 1990 bis 1995 eine einmalige Behandlung mit Mecoprop-P (B1) nicht zu einer Selektion einer unempfindlicheren Herkunft geführt hatte. Vermutlich sind die ermittelten Unterschiede zwischen den untersuchten Ackerpopulationen – die Feldhistorie lag schließlich lediglich für die vier sich nicht signifikant voneinander unterscheidenden Populationen und zudem für einen relativ kurzen Zeitraum vor – auf eine natürliche Variabilität zurückzuführen. Diese Aussage wird durch die Ergebnisse der oben aufgeführten Autoren bekräftigt, die schließlich allesamt noch größere Unterschiede zwischen den Herkünften ermittelten und diese auf eine natürliche Variabilität zurückführten.

LUTMAN und LOVEGROVE (1985) vermuteten die Ursache für unbefriedigende Bekämpfungserfolge mit Mecoprop in der Praxis allgemein eher im Applikationstermin, in der Bodenart und der Konkurrenzkraft des Kulturpflanzenbestandes, als in der Variabilität der Mecoprop-Empfindlichkeit innerhalb von *G. aparine*. Nach NIEMANN (1988) haben, neben der Aufwandmenge, allgemein die Temperatur, die Bodenart und der –zustand, aber auch das Entwicklungsstadium von *G. aparine* eine besondere Bedeutung für eine erfolgreiche Bekämpfung. Hinsichtlich des Bodens erweist sich ein hoher Humusanteil, also eine hohe Sorptionskapazität des Bodens, als nachteilig (MAAS 1971, SCHMIDT 1972). Schwierigkeiten bei der Bekämpfung können aber auch durch ein zeitlich ungleichmäßiges Auflaufen der Pflanzen auf dem Acker entstehen, so dass nicht sämtliche Pflanzen vom Wirkstoff durch eine Behandlung erfasst werden (KEES und REINERT 1989). Auch SANSOME (1989) ist wiederum der Ansicht, dass eine unzureichende Wirkung von Mecoprop in der Praxis primär auf ungünstige Umweltbedingungen zum Applikationstermin zurückzuführen ist; die herbizide Wirkung wird sehr stark von Witterungseinflüssen und Bodenverhältnissen zum Applikationstermin beeinflusst. Nach TOTTMAN et al. (1987) muss konkret mit unbefriedigenden Bekämpfungsresultaten gerechnet werden, wenn der Wirkstoff zu früh, also ausgangs Winter bis zum zeitigem Frühjahr, appliziert wird, da ein starker Zusammenhang zwischen Bodentemperatur und Herbizidwirkung besteht. Um eine gute Wirkung mit Mecoprop zu erzielen, sind Bodentemperaturen von 8 °C und mehr bis zu einer Bodentiefe von 10 cm erforderlich, am besten

2-3 Tage vor und nach der Applikation (TOTTMAN et al. 1989). NIEMANN (1988) hält dagegen mit 12 °C höhere Temperaturen für eine erfolgreiche Bekämpfung erforderlich. Ebenso ist es nach Ansicht des Autors wichtig, dass *G. aparine* sich in einem möglichst frühen Entwicklungsstadium befindet. Die Ermittlung des optimalen Behandlungstermins kann sich in der Praxis somit als schwierig erweisen, da auf der einen Seite die Pflanzen in ihrer Entwicklung noch nicht allzu weit fortgeschritten sein sollten, auf der anderen Seite die Notwendigkeit besteht, höhere Temperaturen abzuwarten. ORSON (1985) und LUTMAN et al. (1987 und 1988) konnten in ihren Untersuchungen die besten Resultate erzielen, wenn Mecoprop im Monat April appliziert wurde. Auch BARTELS (1987) stellte diesen Monat als geeignet heraus, insbesondere da die Pflanzen sich hier noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden. ORLANDO et al. (1993) halten jedoch das Entwicklungsstadium von *G. aparine* für nicht so ausschlaggebend für ein gutes Bekämpfungsresultat wie die Wahl des richtigen Herbizids und die Witterungsbedingungen zum Applikationstermin; eine besondere Empfindlichkeit im Keimblattstadium konnte nicht nachgewiesen werden. Ähnliches stellten bereits TOTTMAN et al. (1987) fest: Sowohl im Keimblattstadium als auch bei einer Größe der *G. aparine*-Pflanzen von 25 cm konnten die Autoren gute Bekämpfungsresultate mit Mecoprop erzielen. Generell kann sich, wenn Bekämpfungsprobleme auftreten, das Splitten von einer auf zwei Behandlungen als vorteilhaft erweisen (ORSON 1985).

Durch den Einsatz von **Cinidon-ethyl** konnten etwas größere Unterschiede zwischen den Herkünften nachgewiesen werden als bei Mecoprop-P (s. Kapitel 4.1.2); die unempfindlichste erforderte 1,7-mal mehr Wirkstoff als die empfindlichste Herkunft, um die gleiche Wirkung zu erzielen. Die ED_{90}-Werte variierten von 9,0 bis 15,5 g/ha Cinidon-ethyl, so dass die Bekämpfung aller Herkünfte mit maximal 31 % der empfohlenen Aufwandmenge (50 g/ha Cinidon-ethyl) erfolgte. Sowohl auf den Flächen der empfindlichsten als auch auf denen der unempfindlichsten Herkünfte erfolgte in den Jahren 1990 bis 1995 keine Anwendung von Cinidon-ethyl. Da der Wirkstoff erst Ende der neunziger Jahre zugelassen wurde, kann eine Ausbringung vor Aufzeichnung der Feldhistorien nicht erfolgt sein. Eine Selektion unsensitiverer Herkünfte durch Einsatz dieses Wirkstoffes kann somit nicht stattgefunden haben, so dass die ermittelten Unterschiede auf eine natürliche Variabilität zurückzuführen sein müssen. Untersuchungen zur Variabilität verschiedener Herkünfte hinsichtlich ihrer Cinidon-ethyl-Empfindlichkeit liegen in der Literatur nicht vor. Jedoch werden mögliche auftretende Bekämpfungsprobleme auch hier, wie bei Mecoprop(-P), zunächst auf ungünstige Einflüsse verschiedenster Art im Applikationszeitraum zurückzuführen sein. Mehrere Autoren befassten sich inzwischen mit den die Wirksamkeit von Cinidon-ethyl beeinflussenden Faktoren und stellten günstige sowie ungünstige Einflüsse heraus (MIDDLETON 1998, NUYKEN et al. 1999, GERBER et al. 2000). So ist beispielsweise eine alleinige Ausbringung des Kontaktwirk-

stoffes, insbesondere bei höheren Temperaturen sowie bei Pflanzen im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium, nicht zu empfehlen. Durch die Beimischung von systemischen Wirkstoffen - wie beispielsweise Mecoprop-P - wird die Wirkungssicherheit jedoch erhöht.

So wie bei Mecoprop(-P) wird hinsichtlich des Wirkstoffes **Fluroxypyr** gelegentlich über unbefriedigende Bekämpfungserfolge in der Praxis berichtet (LOVEGROVE et al. 1985, LUTMAN et al. 1987). In den eigenen Untersuchungen wurden zwei Fluroxypyr-Versuche mit jeweils verschiedenen Herkünften durchgeführt (s. Kapitel 4.1.3). Auch hier ließen sich, wie bei Mecoprop-P und Cinidon-ethyl, alle Herkünfte mit deutlich weniger als der empfohlenen Aufwandmenge bekämpfen. In beiden Versuchen konnte eine unterschiedliche Fluroxypyr-Empfindlichkeit der jeweils untersuchten Herkünfte nachgewiesen werden. Zudem liefen in beiden Versuchsjahren nicht alle Dosis-Wirkungskurven parallel zueinander, was dazu führte, dass sich die Reihenfolge der Herkünfte hinsichtlich ihrer Sensitivität in Abhängigkeit vom betrachteten Wirkungsniveau veränderte; verschiedene Steigungen deuten auf einen unterschiedlichen Wirkungsverlauf bei den Herkünften hin. Wenn überhaupt, dann wird auf dem Gebiet der Resistenzforschung hinsichtlich der Steigungen von Dosis-Wirkungskurven diskutiert. Im Wesentlichen vermutet man hinter unterschiedlichen Steigungen einen Hinweis auf die Art der Resistenz (SEEFELDT et al. 1995); parallele Kurven sollen auf eine Target-Site-Resistenz und nicht-parallele auf einen anderen Mechanismus hinweisen. In den eigenen Untersuchungen wurden zwar generell keine resistenten Herkünfte ausfindig gemacht, jedoch gelten diese Zusammenhänge offensichtlich auch für unterschiedlich empfindliche Herkünfte; vermutlich bauen die Herkünfte den Wirkstoff auf verschiedene Art und Weise ab. HILL et al. (1996), die gezielt nach der Ursache für Unterschiede hinsichtlich der Fluroxypyr-Empfindlichkeit bei neun aus Europa stammenden *G. aparine*-Populationen suchten, konnten bei verschieden empfindlichen Populationen keine deutlichen Unterschiede in der Aufnahme und Translokation des Wirkstoffes nachweisen. Deutliche Differenzen ermittelten sie jedoch in der metabolischen Detoxifikation von Fluroxypyr, so dass hierin die Hauptursache für die unterschiedliche Sensitivität von *G. aparine*-Herkünften liegen dürfte.

Die Variabilität zwischen den Herkünften war bei Fluroxypyr größer als bei Mecoprop-P und Cinidon-ethyl. In beiden Versuchen benötigte die jeweils unempfindlichste Herkunft auf dem Niveau der ED_{90} 2,2- bzw. 2,6-mal so viel Herbizid wie die jeweils empfindlichste. Die ermittelte Variabilität war somit in beiden Versuchen ähnlich groß. Ebenso lagen die ermittelten ED-Werte in beiden Jahren in ähnlicher Größenordnung. Anhand der in beiden Experimenten mitgeführten Herkünfte B1 und E2, konnte aufgezeigt werden, dass die Ergebnisse weitgehend wiederholbar sind; die Reihenfolge der Herkünfte hinsichtlich ihrer Fluroxypyr-Empfindlichkeit veränderte sich nicht. Im Jahr 1997 waren jedoch die Unterschiede zwischen

den Herkünften ausgeprägter als im Jahr zuvor. Dies könnte, neben unterschiedlichen Witterungsbedingungen, auf zumindest leicht differierende Entwicklungsstadien zum Applikationstermin zurückzuführen sein. Generell ist bekannt, dass Witterungsbedingungen wie z. B. die Temperatur sowie das Entwicklungsstadium des Unkrautes einen Einfluss auf die herbizide Wirkung haben. Es ist zudem generell schwierig, für jeden Versuch Pflanzen zu produzieren, die sich zum jeweiligen Behandlungstermin im exakt gleichen Entwicklungsstadium befinden, da das Pflanzenmaterial nicht vollkommen genetisch homogen ist wie etwa bei Individuen einer gezüchteten Kulturpflanzensorte. Außerdem unterliegen die Pflanzen, auch im Gewächshaus, schwankenden Witterungsbedingungen, die sich auf die Entwicklung auswirken können.

Die in den eigenen Untersuchungen ermittelte Variabilität der Herkünfte entspricht etwa den Ergebnissen von COURTNEY und HILL (1988) sowie HILL und COURTNEY (1991a und 1991b), die Unterschiede hinsichtlich der Fluroxypyr-Empfindlichkeit von aus verschiedenen Ländern Europas stammenden *G. aparine*-Populationen um einen Faktor von bis etwa drei feststellen konnten. HILL und COURTNEY (1991a), die mit 50 Herkünften eine sehr große Zahl von Populationen untersuchten, konnten - wie bei sämtlichen Herbizid-Experimenten der vorliegenden Arbeit - keine Regionen ermitteln, wo sensitivere bzw. weniger sensitive Herkünfte gehäuft vorkamen. Außerdem konnten die Autoren keinen direkten Zusammenhang zwischen der unter Testbedingungen ermittelten Fluroxypyr-Empfindlichkeit der Populationen und des vorangegangenen Gebrauchs von Fluroxypyr auf dem Feld, von dem die Herkünfte stammten, erkennen. Dies stimmt mit den eigenen Untersuchungen überein, wo insgesamt betrachtet kein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Fluroxypyr-Anwendungen in den Jahren 1990 bis 1995 und der Empfindlichkeit der Herkünfte gegenüber diesem Wirkstoff nachgewiesen werden konnte. Sicherlich sind die ermittelten Unterschiede zwischen den untersuchten Herkünften auf eine natürliche Variabilität zurückzuführen und nicht auf eine durch den häufigen Gebrauch von Fluroxypyr erfolgte Selektion weniger empfindlicher Populationen; die hier mitgeführte Heckenpopulation D8 zumindest, die in ihrer langjährigen Historie keine Herbizidbehandlung erfuhr, reagierte auf dem Niveau der ED_{90} genauso empfindlich wie K (von 1990 bis 1995 keine Fluroxypyr-Behandlung) und B1 (von 1990 bis 1995 drei Fluroxypyr-Behandlungen).

Vermutlich sind Bekämpfungsschwierigkeiten in der Praxis auch bei Einsatz von Fluroxypyr eher nicht auf unterschiedlich sensitive Herkünfte zurückzuführen. ORLANDO et al. (1993) weisen allgemein darauf hin, dass insbesondere die Wahl des passenden Herbizids sowie die Witterungsbedingungen, zu denen eine Herbizidbehandlung erfolgt, ausschlaggebend für den Bekämpfungserfolg ist, während das Entwicklungsstadium von *G. aparine* von ge-

ringerer Bedeutung sein soll; eine Behandlung im Keimblattstadium bringt nicht unbedingt die besten Bekämpfungserfolge. Hinsichtlich der Witterungsbedingungen ist bekannt, dass der Wirkstoff bei höheren Temperaturen schneller aufgenommen und transloziert wird als bei niedrigeren Temperaturen. Zu tiefe Temperaturen schränken die Wirkung von Fluroxypyr ein, wobei bei 4 °C in 10 cm Bodentiefe jedoch noch gute Wirkungsgrade mit Fluroxypyr festgestellt wurden (TOTTMAN et al. 1987 und 1989). Im Vergleich zu Mecoprop(-P), wo für eine gute Wirkung eine Mindesttemperatur von ca. 8 °C (s. oben unter Mecoprop) erforderlich ist, kann Fluroxypyr mit den niedrigeren Temperaturansprüchen nach Berechnungen von TOTTMAN et al. (1987) im Durchschnitt 26 Tage früher als Mecoprop eingesetzt werden. Bekämpfungsschwierigkeiten in der Praxis, zurückzuführen auf ungünstige Temperaturen, dürften sich somit durch Einsatz von Fluroxypyr in Grenzen halten. Dies entspricht Angaben aus der Literatur, derzufolge durch die Anwendung von Fluroxypyr ein wenig bessere Resultate erzielt werden als mit Mecoprop (SNEL et al. 1988). LUTMAN et al. (1987) weisen für beide Wirkstoffe darauf hin, dass beim Soloeinsatz bei niedrigeren Temperaturen die Bekämpfungserfolge unbefriedigend sein können, so dass die Beimischung weiterer Wirkstoffe wie z. B. Ioxynil + Bromoxynil erforderlich sein können, um die Wirkungssicherheit zu erhöhen.

Bei **Quinmerac** konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Herkünften nachgewiesen werden (s. Kapitel 4.1.4). Die Populationen variierten hinsichtlich der ED_{90} zwischen 320 und 521 g/ha Wirkstoff, so dass hier die empfohlene Aufwandmenge von 500 g/ha Quinmerac gerade ausreichte, um alle Herkünfte zu bekämpfen. Auf den Flächen der vier Populationen, für die die Feldhistorie für den Zeitraum von 1990 bis 1995 bekannt ist (B1, B2, F4, F5), wurde lediglich bei zwei Herkünften jeweils eine Quinmerac-Behandlung vorgenommen. Diese hatte offensichtlich nicht zu einer Selektion weniger empfindlicher Herkünfte, zumindest im Zeitraum von 1990 bis 1995, geführt. In der Literatur liegen keine Ergebnisse zur Empfindlichkeit verschiedener Herkünfte gegenüber diesem Wirkstoff vor. Es wird lediglich über gute Bekämpfungserfolge mit Quinmerac bei *G. aparine* berichtet (BERGHAUS und WUERZER 1987, BAIN und BOATMAN 1989, BOATMAN 1991, BARTELS 1995). Vermutlich trägt im Freiland die Kulturpflanzenkonkurrenz, wie bei anderen Herbiziden auch, genügend zur Wirkung von Quinmerac bei, so dass die empfohlene Aufwandmenge für gute Bekämpfungsresultate ausreichend ist.

Auch hinsichtlich des Wirkstoffes **Amidosulfuron** konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Herkünften nachgewiesen werden (s. Kapitel 4.1.5). Es war teilweise das Doppelte der empfohlenen Aufwandmenge erforderlich, um alle Herkünfte erfolgreich zu bekämpfen. Von den Flächen der fünf Herkünfte, für die die Feldhistorie bekannt ist,

wurde lediglich auf einer im Zeitraum von 1990 bis 1995 eine Amidosulfuron-Behandlung vorgenommen. Da der Wirkstoff erst Ende der achtziger/Anfang der neunziger Jahre in den europäischen Markt eingeführt wurde, kann eine Selektion weniger sensitiver Herkünfte bis zum Zeitpunkt der Entnahme der Herkünfte von den Flächen nicht stattgefunden haben. Der Einsatz anderer Sulfonylharnstoffe, zumindest im Zeitraum von 1990 bis 1995, resultierte offensichtlich ebenso wenig in gegenüber Amidosulfuron unsensitiveren Herkünften. In der Literatur liegen, wie bei Quinmerac, keine Ergebnisse zur Amidosulfuron-Empfindlichkeit verschiedener *G. aparine*-Herkünfte vor. Es wird im Allgemeinen lediglich über gute Bekämpfungserfolge mit diesem Wirkstoff berichtet (HACKER et al. 1990, GAVANIER et al. 1992, HACKER et al. 1992, D´SOUZA et al. 1993, WEST 1995, AUGUSTIN 1995, GEHRING und BAUER 2000). Im Vergleich zu anderen Wirkstoffen soll sich Amidosulfuron dadurch auszeichnen, dass mit einer sicheren Wirkung unabhängig von Temperatur und Zeitpunkt der Applikation gerechnet werden kann (ANONYM 1995). WEST (1995) weist jedoch im Gegensatz dazu darauf hin, dass ältere Pflanzen nicht so empfindlich sind wie jüngere, so dass auf jeden Fall die volle empfohlene Aufwandmenge benötigt wird, um *G. aparine* erfolgreich zu bekämpfen. CSEREPES et al. (1998) stellten bei Gewächshausuntersuchungen – ähnlich wie in den eigenen Experimenten - fest, dass trotz der Anwendung von Amidosulfuron mit der empfohlenen Aufwandmenge es zwar zu einer Einschränkung des Wachstums der *Galium*-Pflanzen kam, die Pflanzen jedoch nicht abstarben, sondern in der Lage waren Nebentriebe auszubilden, die sogar Samen produzierten.

Hinsichtlich des **Versuchsproduktes** konnte von allen eingesetzten Wirkstoffen in beiden Versuchen mit jeweils verschiedenen Herkünften die größte Diversität ermittelt werden (s. Kapitel 4.1.6). Im Jahr 1996 unterschieden sich die Herkünfte auf dem für die Bekämpfung relevanten Niveau der ED_{90} maximal um das 6,8fache, im Jahr 1997 maximal um das 3,7fache voneinander. Die größere Variabilität zwischen den Herkünften im ersten Versuchsjahr resultierte insbesondere aus der, im Vergleich zu den übrigen Populationen, recht empfindlichen Herkunft F1, die schließlich für die Berechnung der relativen Empfindlichkeiten als sensitivste Population berücksichtigt wurde. Auch hier konnten, trotz der recht großen Variabilität, keine resistenten Herkünfte ausfindig gemacht werden. Es reichte in beiden Jahren sogar wesentlich weniger als die empfohlene Aufwandmenge aus (maximal bis knapp 30 %), um alle Herkünfte sicher zu bekämpfen. Anhand der in beiden Versuchen mitgeführten Vergleichsherkünfte B1 und E2 konnte aufgezeigt werden, dass die Ergebnisse im Wesentlichen reproduzierbar sind; Herkunft E2 verfügte in beiden Jahren über größere ED-Werte als B1, wobei im Jahr 1997 die Unterschiede zwischen den beiden Populationen ausgeprägter waren als im Vorjahr. Es konnte zudem aufgezeigt werden, dass die ED-Werte in den beiden Jahren deutlich voneinander differierten, was auf unterschiedliche Witterungs-

bedingungen im Applikationszeitraum, die die Wirksamkeit des Herbizids beeinflusst haben könnten sowie auf zumindest leichte Differenzen hinsichtlich des Entwicklungsstadiums, in dem sich die Pflanzen zum Zeitpunkt der Applikation befanden, zurückzuführen sein wird (s. oben unter Fluroxypyr). Die Dosis-Wirkungskurven verliefen auch bei diesem Wirkstoff in beiden Versuchen nicht parallel zueinander, was, wie weiter oben unter Fluroxypyr bereits diskutiert, auf genetisch bedingte Unterschiede zwischen den Herkünften hinsichtlich des Abbaus des Wirkstoffes hinweisen könnte. Da es sich bei dem Versuchsprodukt um einen sich in der Entwicklung befindenden Wirkstoff aus der Gruppe der ALS-Inhibitoren handelt, kann die ermittelte Variabilität zwischen den Populationen nicht auf einen mehr oder weniger gehäuften Einsatz dieses Wirkstoffes auf den Flächen, von denen die Herkünfte stammten, zurückzuführen sein. Ein Zusammenhang zwischen der Empfindlichkeit der Herkünfte und weiterer in den Jahren 1990 bis 1995 auf den Flächen eingesetzter ALS-Hemmer konnte ebenso wenig nachgewiesen werden. Zudem wich die hier mitgeführte Heckenpopulation D8, die in ihrer Historie keine Herbizidbehandlung erfuhr, nicht von den Ackerpopulationen ab; sie reagierte keinesfalls empfindlicher, zählte lediglich mit zu den empfindlichsten Ackerherkünften. Die Unterschiede zwischen den Herkünften sollten somit auch hier auf einer natürlichen Variabilität beruhen.

Bei Behandlung mit **Bentazon** konnten Unterschiede zwischen der empfindlichsten und unempfindlichsten Herkunft bis zu einem Faktor von 2,3 nachgewiesen werden (s. Kapitel 4.1.7). Auf den Flächen von den fünf Populationen, für die die Feldhistorie vorlag, wurde lediglich bei einer Herkunft eine einmalige Applikation von Bentazon vorgenommen. Diese erwies sich jedoch in den Untersuchungen als sensitivste, so dass auch bei diesem Wirkstoff kein Zusammenhang zwischen der, zumindest im Zeitraum von 1990 bis 1995, durchgeführten Bentazon-Behandlung und der Empfindlichkeit der Populationen gegenüber diesem Wirkstoff nachgewiesen werden konnte; die einmalige Applikation hat offensichtlich nicht zu einer Selektion einer gegenüber Bentazon unsensitiveren Population geführt. Vermutlich handelt es sich auch hier, wie bei den anderen Wirkstoffen auch, um eine natürliche Variabilität der Herkünfte; generell ist der Wirkstoff zur Bekämpfung von *G. aparine* in der Praxis von nicht so großer Bedeutung wie etwa Fluroxypyr oder Mecoprop-P; hinsichtlich Bentazon liegen keine Untersuchungsergebnisse in der Literatur, was die Empfindlichkeit verschiedener *G. aparine*-Herkünfte angeht, vor. KLAASSEN et al. (1988) empfehlen jedenfalls auf *Galium*-Standorten einen Quinmerac-Zusatz, um sichere Wirkungsgrade gegen *G. aparine* zu erzielen. Offensichtlich ist die Wirkung von Bentazon in der Praxis nicht immer zufriedenstellend. Dies bestätigen die eigenen Resultate, wobei jedoch fraglich ist, inwiefern ein direkter Vergleich zwischen von im Gewächshaus und auf dem Acker erzielten Ergebnissen zulässig ist; die empfohlene Aufwandmenge war bei einer Herkunft nicht ganz

ausreichend, um eine volle Wirkung zu erzielen. Es war 18 % mehr Wirkstoff als die empfohlene Aufwandmenge vorgibt erforderlich.

Die bei einigen Untersuchungen mitgeführte ***G. spurium*-Herkunft R** lag hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Fluroxypyr und Quinmerac im Rahmen der *G. aparine*-Populationen. Lediglich gegenüber Cinidon-ethyl und insbesondere gegenüber Mecoprop-P reagierte sie etwas empfindlicher als *G. aparine*. Dies stimmt mit den Ergebnissen von SIEBERHEIN (1979b) überein, der eine größere Empfindlichkeit von *G. spurium* im Vergleich zu *G. aparine* bei Behandlung mit Mecoprop-P feststellen konnte. Weitere Literaturhinweise zur Empfindlichkeit von *G. spurium* gegenüber den in vorliegender Arbeit eingesetzten Herbiziden liegen nicht vor.

Während mögliche **Ursachen für eine differenzierte Wirkung** der in vorliegender Arbeit eingesetzten Wirkstoffe in der Praxis bereits diskutiert wurden, gestaltet sich die Diskussion der im Gewächshaus ermittelten unterschiedlichen Herbizidempfindlichkeiten der Populationen als schwierig. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Herbizidempfindlichkeit der Herkünfte und den Pflanzenschutzmaßnahmen, die auf den Flächen, von denen die Herkünfte stammten, vorgenommen wurden, nachgewiesen werden. Wie bereits weiter oben diskutiert, sind die Unterschiede zwischen den Herkünften vermutlich auf eine natürliche Variabilität zurückzuführen.

Generell beruhen Differenzen hinsichtlich der herbiziden Wirkung bei Unkräutern auf Umwelteinflüssen sowie auf genetischer Variabilität (GASQUEZ und DARMENCY 1991). Hinsichtlich des ersten Punktes meinen die Autoren die Wachstumsbedingungen, denen die Pflanzen ausgesetzt sind sowie witterungsbedingte Einflüsse während der Applikation und allgemein die Eigenschaften des Herbizids. Da die Herkünfte vor, während und nach einer Behandlung mit einem Herbizid, den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren, kann hierin nicht die Ursache für die Sensitivitätsunterschiede liegen. Genetische Unterschiede hinsichtlich morphologischer und physiologischer Merkmale spielen ebenso eine Rolle; Pflanzen können sich z. B. durch eine dickere Kutikula, durch Behaarung, durch schmalere Blätter und längere Wurzeln der Herbizidwirkung mehr oder weniger stark entziehen. Es ist nicht auszuschließen, dass die Herkünfte sich auch hinsichtlich solcher Merkmale voneinander unterscheiden und Unterschiede in der Herbizidsensitivität auch auf solche Faktoren zurückzuführen sind. Ergebnisse dazu liegen jedoch in der Literatur so gut wie keine vor. Hinsichtlich der Kutikula wiesen SANDERS et al. (1985) bei *G. aparine* lediglich darauf hin, dass bei über zwei voll entfaltete Quirle verfügende Pflanzen die Aufnahme von Fluroxypyr besonders schnell von dem jüngeren und weniger schnell von dem älteren Quirl sowie den Keimblättern

erfolgt. Dies könnte nach Ansicht der Autoren darauf zurückzuführen sein, dass die Kutikula bei jüngeren Blättern dünner ist.

Ist das Herbizid erst einmal aufgenommen, kann es unterschiedlich transloziert und detoxifiziert werden, bevor es sein Target erreicht. Ebenso kann es zu einer Erhöhung der Produktion oder zu einer Veränderung des Zielenzyms kommen, so dass das Herbizid an Wirkung verliert. Einzige Untersuchungen bei *G. aparine* hierzu liegen lediglich von HILL et al. (1996) vor, die gezielt nach der Ursache für Unterschiede hinsichtlich der Fluroxypyr-Empfindlichkeit bei neun aus Europa stammenden *G. aparine*-Populationen suchten. Dabei konnten sie bei verschieden empfindlichen Populationen deutliche Unterschiede hinsichtlich der metabolischen Detoxifikation von Fluroxypyr ermitteln, während die Aufnahme und Translokation des Wirkstoffes bei allen Herkünften gleich war.

5.2 Untersuchungen zur Morphologie und Phänologie

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zur morphologischen und phänologischen Diversität innerhalb der Art *G. aparine* beziehen sich hauptsächlich auf Herkünfte, die aus verschiedenen Habitaten (Acker, Wald, Ruderalfläche etc.) stammen (s. Kapitel 2.7). Eine Untersuchung eines so umfangreichen Spektrums von Ackerpopulationen, wie in dieser Arbeit, wurde bisher jedoch noch nicht vorgenommen. Da somit in der Literatur in der Regel Acker- und Nichtackerherkünfte und nur selten verschiedene Ackerherkünfte gegenübergestellt werden, kann die Diskussion hinsichtlich vieler Merkmale lediglich auf der Ebene eines Vergleichs der 24 Acker- und der einen mitgeführten Nichtackerpopulation (D8) aus einer Hecke erfolgen. Weiterhin soll bereits an dieser Stelle vorausgeschickt werden, dass sich die Diskussion der eigenen Resultate mit denen in der Literatur dargestellten nicht nur aus diesem Grunde als schwierig erweist, sondern auch, weil die erzielten Ergebnisse der Autoren auf verschiedenen Versuchsbedingungen beruhen; einige Autoren führten Untersuchungen im Gelände, andere unter für alle Herkünfte einheitlichen Wachstumsbedingungen, zudem entweder im Freiland oder Gewächshaus, durch. Des Weiteren differieren die Entwicklungsstadien sowie die Zeitpunkte, zu denen Erhebungen durchgeführt wurden. Und nicht zuletzt unterscheidet sich das untersuchte Ausgangsmaterial sowohl bezüglich der geographischen Herkunft als auch hinsichtlich des Habitates, aus dem es stammte bzw. in dem die Untersuchungen durchgeführt wurden. Über konkrete Ursachen der Variabilität bei *G. aparine* liegen so gut wie keine Literaturhinweise vor.

Trotz der unterschiedlichen Untersuchungen, die bis heute zur Erforschung der Diversität innerhalb der Art *G. aparine* durchgeführt wurden und der daraus resultierenden häufig verschiedenen Ergebnisse (s. Kapitel 2.7), konnte generell die Existenz von zwei Ökotypen – dem Acker- und dem Nichtackerökotyp – nachgewiesen werden. Als beständigstes Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Ökotypen wird die **Keimblattform** angeführt; sowohl anhand von Geländeuntersuchungen als auch anhand von Untersuchungen an Populationen, die unter gleichen Bedingungen angezogen worden sind, konnte von mehreren Autoren übereinstimmend nachgewiesen werden, dass die Keimblätter von Ackerherkünften eher länglich-lanzettlich und die der Nichtackerherkünfte (Ruderal- und Auwald-Herkünfte, Populationen vom Waldrand, von Grabenböschungen und Hecken etc.) breiter und elliptischer gestaltet sind (GROLL und MAHN 1986, BERKEFELD 1988, NIEMANN 1988). Die eigenen Ergebnisse zeigten, dass sich die Heckenpopulation D8 weder hinsichtlich ihrer Keimblattform, noch hinsichtlich aller anderen die Keimblätter betreffenden Parameter von sämtlichen untersuchten Ackerpopulationen deutlich unterschied (s. Kapitel 4.2.7). Sie zählte jedoch eindeutig zu denen mit den elliptischsten Keimblättern. Lediglich F1 verfügte über noch elliptischere Keimblätter. Bei einem Vergleich der Keimblätter der Heckenpopulation mit denen der Ackerherkünfte aus unmittelbar angrenzendem Raum, nämlich sämtlicher deutscher Herkünfte (D1, D2, D3, D4, D5, D6 und D7), zeigt sich jedoch, dass hier die Heckenpopulation D8 mit einem Keimblattindex von 1,57:1 die elliptischsten Keimblätter besaß (allerdings nicht signifikant), während die Indizes der deutschen Ackerherkünfte zwischen 1,63:1 und 1,94:1 variierten. Diese erzielten Ergebnisse entsprechen ziemlich genau denen von NIEMANN (1988), der Acker- und Nichtackerherkünfte (Waldrand, Grabenböschung, Hecke) aus dem norddeutschen Raum nach Anzucht unter gleichen Wachstumsbedingungen, ähnlich wie in vorliegender Arbeit, untersuchte. Bei einem von zwei Versuchsansätzen konnte er bei den Ackerherkünften Keimblattindizes – nahezu genau wie in den eigenen Untersuchungen - von 1,62-1,92:1 und bei den Nichtackerherkünften solche von 1,31-1,66:1 ermitteln. Zusammenfassend bezifferte er die Keimblattindizes für Ackerherkünfte mit einem Wert von 2:1 und die der Nichtackerherkünfte mit einem Wert von 1,5:1. Dies entspricht auch den Angaben von GLAUNINGER (1985), der sowohl im Gelände als auch unter gleichen Wachstumsbedingungen Keimblattindizes von österreichischen Acker- und Nichtackerherkünften allgemein zwischen 1,5:1 und 2,0:1 liegend ermitteln konnte. Unter Berücksichtigung aller in vorliegender Arbeit untersuchten 24 *G. aparine*-Ackerherkünfte, variierte die Keimblattform dieser mit Indizes von 1,49:1 (F1) bis 2,05:1 (DK3) jedoch in größerem Ausmaß, als bei den süddeutschen sowie bei den von NIEMANN (1988) untersuchten norddeutschen Ackerpopulationen: Während die Keimblattindizes der süddeutschen Ackerherkünfte, genau wie bei NIEMANN (1988), maximal um das 1,2fache variierten, unterschieden sich sämtliche 24 Ackerherkünfte maximal um das 1,4fache voneinander.

Offensichtlich nimmt mit der Größe des Untersuchungsareals die ermittelbare Variabilität zu.

Hinsichtlich **weiterer Parameter der Keimblätter** liegen in der Literatur nur begrenzt Angaben vor. GLAUNINGER (1985), der österreichische *G. aparine*-Herkünfte vom Feld und Feldrand untersuchte, gab allgemein für die Keimblattlänge Werte von 0,7-1,55 cm und für die -breite 0,4-1,05 cm an. MALIK und VANDEN BORN (1988) machten für kanadische Herkünfte mit 0,8-1,5 cm für die Keimblattlänge und 0,6-0,9 cm für die –breite ähnliche Angaben. Mit den in den eigenen Untersuchungen erzielten Ergebnissen wurden diese Werte übertroffen: Die Länge der Keimblätter variierte zwischen 1,52 und 1,97 cm und die Breite zwischen 0,86 und 1,23 cm. Sicherlich steht dies mit den günstigen Bedingungen, denen die Herkünfte in der Vegetationshalle ausgesetzt waren in Zusammenhang; die Pflanzen waren nicht nur optimal mit Wasser versorgt, sondern genossen zudem, da sie keiner Konkurrenz ausgesetzt waren, vollen Lichtgenuss, so dass sie mit 1,09-1,93 cm^2 recht große Keimblattspreiten entwickeln konnten. Die Herkünfte variierten hinsichtlich dieses Parameters stärker (maximal um das 1,8fache) als bei den meisten übrigen untersuchten Parametern, wobei nachgewiesen werden konnte, dass Herkünfte aus dem nördlicheren Raum, zumindest tendenziell, über kleinere Keimblätter verfügten als Herkünfte aus den südlicheren Regionen. HILL und COURTNEY (1991b), die fünf Acker- und Nichtackerherkünfte aus Europa nach Anzucht unter gleichen Bedingungen morphologisch untersuchten, ermittelten Keimblattgrößen von ca. 1,4 bis ca. 1,85 cm^2, so dass die Herkünfte sich hier nicht so deutlich voneinander unterschieden wie in den eigenen Untersuchungen, wo sowohl kleinere, aber auch größere Keimblattspreiten gemessen wurden. Eine mögliche Abhängigkeit der Ausprägung dieses Parameters von geographisch-klimatischen Faktoren oder aber vom Habitat diskutierten die Autoren nicht; über die größten Keimblätter verfügte eine französische Herkunft (Feldrand) zusammen mit einer Population aus Italien (Habitat unbekannt), gefolgt von einer Heckenpopulation aus England und einer Ackerpopulation aus Nordirland. Die kleinsten Keimblätter von allen Herkünften besaß jedoch eine Ackerpopulation aus der Schweiz.

Ein weiterer Parameter, der in der Literatur diskutiert wird, ist die **Sprosslänge**. In den eigenen Untersuchungen unterschieden sich die Ackerherkünfte in Abhängigkeit vom Erhebungstermin, ähnlich wie bei fast allen anderen Parametern, maximal um das 1,3-1,4fache (s. Kapitel 4.2.1). Weiter wurde festgestellt, dass Herkünfte aus dem südlichen Raum, wie z. B. K und F3, zu längeren Haupttrieben tendierten als Herkünfte aus den nördlicheren Regionen wie beispielsweise N3 oder E1. HILL und COURTNEY (1991b), die fünf europäische Acker- und Nichtackerpopulationen nach Anzucht unter gleichen Bedingungen, allerdings bereits im 2-Quirlstadium untersuchten, diskutierten auch hier keine Abhängigkeit der Merkmalsausprägung von der geographischen Lage; die Ackerpopulation aus der Schweiz

sowie die aus Nordirland verfügten über die längsten Sprosse, gefolgt von einer Herkunft aus Frankreich (Feldrand) und Italien (Habitat unbekannt). Die Herkünfte unterschieden sich maximal um das ca. 1,2fache voneinander und somit wiederum, wie bei den oben bereits aufgeführten Parametern, in etwas geringerem Ausmaß als in den eigenen Erhebungen.

Während bisher eine mögliche Abhängigkeit der Sprosslänge von geographisch-klimatischen Faktoren in der Literatur nicht diskutiert wurde, liegen jedoch Ergebnisse hinsichtlich der Ausprägung dieses Parameters bei Aufwuchs in verschiedenen Kulturen vor. GROLL und MAHN (1986) nahmen Geländeuntersuchungen in Ostdeutschland (Raum Bitterfeld/Halle) vor und ermittelten die Sprosslänge von *G. aparine* in Winterweizen, -raps sowie Sommergerste. Dabei stellten sie fest, dass die Pflanzen in den beiden Winterkulturen längere Sprosse (jeweils 107 cm) entwickelten als die in Sommergerste (63 cm). Die drei aus einer Region stammenden Ackerpopulationen variierten hier maximal um das 1,7fache und somit ein wenig stärker als in den eigenen Experimenten, wo deutlich mehr und dazu aus einem wesentlich größeren Areal herrührende Ackerpopulationen - allerdings unter gleichen Wachstumsbedingungen - untersucht wurden. Dies könnte auf eine größere Anpassungsfähigkeit von *G. aparine* an verschiedene Umweltbedingungen hindeuten, ist jedoch nicht sicher abzuleiten, da die untersuchten Pflanzen der Autoren und die in vorliegender Arbeit genetisch nicht als identisch zu betrachten sind. Somit ist ein direkter Vergleich der Resultate, die zudem unter verschiedenen Bedingungen erzielt wurden, nicht bzw. nur bedingt zulässig. Im weiteren Verlauf der Diskussion wird auf diesen Punkt weiter eingegangen. Die kürzeren Sprosse in Sommergerste führten die Autoren auf die eingeschränkte zur Verfügung stehende Entwicklungszeit zurück sowie auf die fehlende Notwendigkeit – aufgrund der relativ geringen Bestandeshöhe der Kultur – lange Sprosse zu entwickeln. Neben der zur Verfügung stehenden Entwicklungszeit in Abhängigkeit von der Kultur sowie der Bestandesstruktur, führen die Autoren als einen weiteren die Sprosslänge beeinflussenden Faktor das Licht auf; Pflanzen auf einem offenen, unbeschatteten Ruderalstandort entwickelten aufgrund der sehr geringen interspezifischen Konkurrenz mit 163 cm die längsten Sprosse. Auf einem halbschattigen Ruderalstandort und im Auwald, wo die Lichtbedingungen sich aufgrund der im Frühjahr einsetzenden Laubentfaltung der Bäume verschlechterten, erreichten die Sprosse der Pflanzen nur noch Längen von 74 bzw. 72 cm.

Die in den eigenen Untersuchungen mitgeführte Nichtackerpopulation D8 tendierte im Vergleich zu allen Ackerpopulationen lediglich zu einem kürzeren Haupttrieb. Im Vergleich zu den deutschen Herkünften besaß sie jedoch zum zweiten und dritten Erhebungstermin stets den kürzesten Haupttrieb. Die Unterschiede waren jedoch nur minimal und nicht signifikant. Die Ergebnisse stimmen aber, zumindest tendenziell, mit denen von NIEMANN (1988), der

norddeutsche Acker- und Nichtackerpopulationen nach Anzucht unter gleichen Bedingungen untersuchte, wobei Letztere überwiegend von schattigen und halbschattigen Standorten herrührten (zwei Herkünfte vom schattigen, drei vom halbschattigen, eine vom sonnigen Waldrand, eine Herkunft von einer schattigen Grabenböschung und eine von einer halbschattigen Doppelwallhecke), überein. Der Autor ermittelte jedoch wesentlich größere Unterschiede zwischen den beiden Ökotypen, wobei zu Beginn der Entwicklung Acker- und Nichtackerherkünfte über gleich lange Sprosse verfügten, später aber zunehmende Unterschiede zwischen den beiden Ökotypen zu verzeichnen waren, so dass die Ackerherkünfte zum letzten Erhebungstermin (Blühbeginn) im Durchschnitt über ca. 2,5-mal längere Sprosse als die Nichtackerherkünfte verfügten.

Mit der Haupttrieblänge nahm auch die durchschnittliche **Internodienlänge** des Haupttriebes zu. Es konnte eine enge positive Korrelation zwischen den beiden Parametern nachgewiesen werden, so dass Herkünfte aus den südlichen Regionen, wie K und F3, nicht nur zu längeren Haupttrieben, sondern auch zu längeren Internodien und solche aus dem nördlichen Raum, wie beispielsweise N1, N2 und N3, zu kürzeren Haupttrieben und folglich zu kürzeren Internodien tendierten (s. Kapitel 4.2.3). NIEMANN (1988), der neben der Sprosslänge auch die Internodienlänge (zwischen dem dritten und vierten Quirl unterhalb einer Sprossspitze) erfasste, konnte, wie in den eigenen Untersuchungen, mit zunehmender Sprosslänge auch länger werdende Internodien - zumindest bis zu einem gewissen Entwicklungsstadium - verzeichnen. FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991), die fünf englische Acker- und fünf englische Heckenpopulationen nach Anzucht unter gleichen Bedingungen untersuchten, wiesen etwas kleinere Unterschiede zwischen den Ackerpopulationen als in den vorliegenden Untersuchungen nach. Während in den eigenen Experimenten die Ackerherkünfte sich je nach Erhebungstermin maximal um das 1,3-1,5fache voneinander unterschieden, taten dies die englischen Ackerherkünfte maximal bis zu einem Faktor von 1,2. Des Weiteren stellten die Autoren fest, dass die Heckenpopulationen in der Regel um 1,1-1,3-mal längere Internodien besaßen als die Ackerpopulationen. Dies widerspricht den eigenen Ergebnissen, wo die Heckenpopulation eher zu kürzeren Internodien tendierte. NIEMANN (1988) hingegen, der jedoch nicht nur Heckenpopulationen, sondern überwiegend Waldpopulationen als Nichtackerherkünfte untersuchte, stellte fest, dass die Ackerherkünfte über einen langen Entwicklungszeitraum hinweg über deutlich längere (teilweise bis ca. doppelt so lange) Internodien als die Nichtackerherkünfte verfügten. Später konnte er jedoch eine Zunahme des Streckungswachstums der Nichtackerherkünfte beobachten, so dass schließlich beide Ökotypen über nahezu gleich lange Internodien verfügten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Art und Weise, wie die Messungen vorgenommen wurden, von

Autor zu Autor variieren, teilweise auch nicht klar ist, wie sie durchgeführt wurden, so dass ein direkter Vergleich der verschiedenen Ergebnisse nur begrenzt möglich ist.

Allgemein hängt auch die Länge der Internodien von Umweltbedingungen ab. BERKEFELD (1988) fand auf schattigen, feuchten Standorten Pflanzen mit generell recht langen Internodien vor. GROLL und MAHN (1986) beobachteten im Gelände, dass Individuen bei Herbst- bzw. Winterauflauf, also bei niedrigeren Temperaturen, anfangs kürzere Internodien entwickeln als bei Auflauf im Frühjahr. Diese Aussage ist jedoch lediglich auf die ersten Internodien beschränkt. BAIN und ATTRIDE (1988) konnten bei Wachstum unter gleichen Bedingungen bei Pflanzen einer Heckenpopulation längere erste Internodien feststellen als bei Pflanzen einer Ackerpopulation, während es sich hinsichtlich der jüngeren Internodien umgekehrt verhielt. Die Autoren erklärten dies mit den unterschiedlichen Lichtbedingungen in den beiden Habitaten. In einer Hecke ist bereits zu Beginn der Entwicklung das Lichtangebot beschränkt, so dass es für das Überleben der Pflanzen von Vorteil ist, wenn die ersten Internodien lang sind, während Pflanzen auf dem Acker durch ihre längeren jüngeren Internodien befähigt sind mit der sie überwachsenden Kulturart Schritt zu halten.

Bezüglich der **Anzahl der Blätter eines Quirls** wurden in den eigenen Untersuchungen bei sämtlichen *G. aparine*-Herkünften im Durchschnitt rund sechs Blätter am fünften Quirl des Hauptsprosses (vom Primärnodium an) ermittelt (s. Kapitel 4.2.4). Die Angaben über die Anzahl der Blätter, aus denen ein Quirl besteht, differieren in der Literatur. Während WIEDERSHEIM (1912) *G. aparine* als eine Art mit vier bis sechs, seltener acht, Blättern pro Quirl beschreibt, gibt HEGI (1918) sechs bis neun Blätter und MOORE (1975) acht Blätter pro Quirl an. MALIK und VANDEN BORN (1988) beschreiben *G. aparine* wiederum als eine Art mit vier bis acht Blättern pro Quirl. FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) zählten dagegen im Durchschnitt der im Vergleichsanbau untersuchten Herkünfte 6,97 bis 7,65 Blätter pro Quirl. Aus sämtlichen Angaben geht allerdings nicht hervor, auf welchen Quirl sich die ermittelten Blattzahlen beziehen. Es ist jedoch bekannt, dass die Blattzahl pro Quirl bei den *Galium* spp. von unten nach oben zunimmt (GLAUNIGNER 1985).

Weiterhin unterschieden sich die in vorliegender Arbeit untersuchten Herkünfte hinsichtlich ihrer **Verzweigung**. Während insbesondere N2, F3 und F5 zu den weniger verzweigten Herkünften zählten, waren B2 und D2 mit mehr Nebentrieben erster und zweiter Ordnung ausgestattet (s. Kapitel 4.2.5). Die Heckenpopulation D8 fiel auch hier nicht aus dem Rahmen der Ackerherkünfte. Generell ist die Verzweigung für die Entwicklung von *G. aparine* von großer Bedeutung. Das Überleben der Pflanzen im Winter wird beispielsweise entscheidend von den Verzweigungsverhältnissen am Kotyledonarknoten geprägt. Abgestorbene Haupt-

und auch Kotyledonarsprosse können im Frühjahr durch austreibende Beiknospen niederer Ordnung ersetzt werden (GROLL und MAHN 1986). Die Autoren konnten dieses Phänomen im Gelände insbesondere bei sich winterannuell entwickelnden Pflanzen (z. B. Winterraps) beobachten, weniger in Sommergerste, wo die Pflanzen alle einen Hauptspross besaßen, der nur in geringem Maße mit Nebentrieben ausgestattet war. BERKEFELD (1988) konnte auf offenen, trockenen Standorten wie Hackfruchtäckern, Schotterflächen und Brandstellen eine sehr starke Beisprossbildung feststellen, so dass die Pflanzen stark verzweigt waren und einen polsterförmigen Wuchs annahmen, während Pflanzen auf schattigen, feuchten Standorten weniger Beisprosse entwickelten. Unter gleichen Bedingungen zeigten jedoch alle Herkünfte, wie in den eigenen Untersuchungen, einen recht einheitlichen Wuchs.

In Abhängigkeit vom Verzweigungsgrad und insbesondere der Haupttrieblänge variierten die Herkünfte auch hinsichtlich ihrer **Sprosstrockengewichte** (s. Kapitel 4.2.6 und 4.2.10.3). Wie in den eigenen Untersuchungen, konnte auch NIEMANN (1988) eine positive Korrelation zwischen der Haupttrieblänge und dem Sprossgewicht nachweisen. In vorliegender Arbeit unterschieden sich die Herkünfte zum ersten Erhebungstermin maximal um das 1,6fache. Mit fortschreitender Entwicklung nahm die Variabilität zwischen den Herkünften jedoch ab. Herkünfte aus den nördlicheren Regionen (F5, F1, E1 und N2) tendierten über alle Erhebungstermine hinweg nicht nur zu kürzeren Haupttrieben und Internodien, sondern auch zu kleineren Sprosstrockengewichten und solche aus dem südlicheren Raum (D5, F2, D1, D2, D3 und K) zu längeren Haupttrieben mit längeren Internodien und entsprechend zu größeren Sprosstrockengewichten. HILL und COURTNEY (1991b), die fünf europäische Acker- und Nichtackerherkünfte nach Anzucht unter gleichen Bedingungen, allerdings recht früh im 2-Quirl-Stadium, morphologisch untersuchten, konnten Unterschiede zwischen den Herkünften in gleichem Ausmaß wie in den eigenen Untersuchungen zum ersten Erhebungstermin feststellen; die Herkünfte variierten maximal um den Faktor 1,6 voneinander. Eine Diskussion über eine mögliche Abhängigkeit der Ausprägung dieses Parameters von geographisch-klimatischen Faktoren wurde jedoch nicht geführt; die Ackerpopulation aus Nordirland verfügte über das größte Sprosstrockengewicht, gefolgt von der Herkunft aus Italien (Habitat unbekannt), einer Ackerpopulation aus der Schweiz, einer Heckenpopulation aus England sowie einer französischen Herkunft vom Feldrand. Während in vorliegender Arbeit die Heckenpopulation D8, sowohl im Vergleich zu allen als auch zu den deutschen Ackerpopulationen, leicht in Richtung eines kleineren Sprossgewichtes tendierte, konnte NIEMANN (1988) bei seinen norddeutschen Herkünften nach Anzucht unter gleichen Bedingungen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Ökotypen feststellen, wobei zudem im Laufe der Entwicklung ein Richtungswechsel in der Ausprägung dieses Merkmales stattfand: Bis zum Blühbeginn der Ackerherkünfte verfügten diese über ein ca. 1,5-mal größeres

Sprosstrockengewicht als die Nichtackerherkünfte. Etwa von da an begannen die Nichtackerherkünfte stärker zu wachsen, so dass die Biomasse dieser deutlich zunahm und diese später sogar größer war als die der Ackerherkünfte.

Im Gelände wurden von anderen Autoren auch hinsichtlich dieses Parameters größere Unterschiede zwischen verschiedensten *G. aparine*-Populationen verzeichnet als nach Anzucht unter gleichen Wachstumsbedingungen, wenngleich ein direkter Vergleich nur bedingt zulässig ist (s. weiter oben unter „Sprosslänge"); Herkünfte in Winterraps und Winterweizen entwickelten mit 3,04 bzw. 2,01 g eine ca. 5,6-8,4-mal! so große Biomasse wie eine Herkunft in Sommergerste mit nur 0,36 g Trockensubstanz (GROLL und MAHN 1986). Eine Population auf einem offenen, unbeschatteten Ruderalstandort verfügte nicht nur über längere Sprosse, sondern mit 7,70 g auch über eine um 24-64-mal! höhere Biomasse (Trockengewicht) als eine auf einem halbschattigen Ruderalstandort mit 0,32 g und eine Waldpopulation mit 0,12 g Biomasse. Als diesen Parameter beeinflussende Faktoren heben die Autoren insbesondere das Licht sowie die zur Verfügung stehende Entwicklungszeit hervor. Eine solch große Variabilität wie die Autoren sie im Gelände zwischen den Ackerpopulationen sowie zwischen diesen und den Nichtackerpopulationen vorfanden (auch bei den anderen bereits bis hierher diskutierten Parametern), konnte in den eigenen Untersuchungen nach Anzucht einer Vielzahl von aus verschiedensten Regionen stammenden Ackerpopulationen unter gleichen Wachstumsbedingungen nicht ermittelt werden. Wenn ein Vergleich der Ergebnisse zwar nur bedingt erlaubt ist, sollte dies dennoch ein Hinweis dafür sein, dass *G. aparine* über ein enormes Maß an Anpassungsfähigkeit bzw. Plastizität verfügen muss und die Merkmalsausprägung an sich nicht allzu stark genetisch fixiert sein kann.

Des Weiteren wird in der Literatur über die **Laubblätter** von *G. aparine* diskutiert. Wie die Ergebnisse zeigten, variierten die *G. aparine*-Herkünfte hinsichtlich der Parameter der Laubblätter – die durchschnittliche Fläche, Länge, Breite und Form der Laubblätter des fünften Quirls sowie die Fläche des gesamten fünften Quirls – maximal um das 1,3-1,4fache, wobei lediglich hinsichtlich der Blattbreite und –form signifikante Unterschiede zwischen den Populationen ermittelt werden konnten (s. Kapitel 4.2.8). Es wurden Blattlängen von 3,7-4,7 cm, Blattbreiten von 0,68-0,85 cm und Laubblattindizes von 4,7-6,6:1 gemessen. TAYLOR (1999) gibt allgemein für die Blattlänge 1,2-6 cm und für die –breite 0,3-0,8 cm an. NIEMANN (1988), FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) sowie HILL und COURTNEY (1991b) führten, ähnlich wie in vorliegender Arbeit, Untersuchungen an *G. aparine* nach Anzucht unter gleichen Wachstumsbedingungen durch und konnten Unterschiede zwischen den Ackerpopulationen in ähnlichem Ausmaß wie in den eigenen Untersuchungen nachweisen. NIEMANN (1988) ermittelte die Blattindizes (an Blättern des dritten Nodiums von einer Sprossspitze) in mehreren

Entwicklungsstadien und konnte dabei nachweisen, dass die Herkünfte zu Beginn der Entwicklung über elliptischere Laubblätter verfügten als in späteren Entwicklungsstadien, wo die Laubblätter der Ackerherkünfte mit Indizes von ca. 5,3-7,4:1 ähnlich schmal waren wie in den eigenen Untersuchungen (4,7-6,6:1). Die Ackerpopulationen unterschieden sich hinsichtlich dieses Parameters in Abhängigkeit vom Erhebungstermin, ähnlich wie in den eigenen Untersuchungen, um das 1,3 bis 1,5fache voneinander. Die von FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) untersuchten fünf englischen Ackerpopulationen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Laubblattform zwar signifikant (Blattindizes können hier nicht aufgeführt werden, da die Blattform mittels einer Skala ermittelt wurde), jedoch variierten die Herkünfte hier maximal um einen Faktor von ca. 1,1. Die Variabilität war somit hier noch kleiner als in den eigenen und den Untersuchungen von NIEMANN (1988). Ähnlich kleine Unterschiede fanden HILL und COURTNEY (1991b) hinsichtlich der Laubblattfläche von europäischen Herkünften nach Anzucht unter gleichen Wachstumsbedingungen im 2-Quirl-Stadium; die Pflanzen variierten hinsichtlich ihrer gesamten Blattfläche maximal um das ca. 1,1fache.

Die Heckenpopulation D8 unterschied sich auch hinsichtlich der die Laubblätter betreffenden Parameter weder von sämtlichen, noch den deutschen Ackerpopulationen. Sie tendierte lediglich, wie andere Herkünfte auch, zu größeren Blättern und folglich zu größeren Quirlen sowie zu Blättern von eher schmalerer Form. Ebenso konnten FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) nach Anzucht unter gleichen Wachstumsbedingungen keine Unterschiede zwischen Acker- und Heckenpopulationen hinsichtlich der Laubblattform, die mehrmals während der Entwicklung erhoben wurde, ermitteln. NIEMANN (1988) hingegen entdeckte deutliche Unterschiede zwischen Acker- und Nichtackerpopulationen, wobei es sich bei Letzteren jedoch überwiegend um Herkünfte vom halbschattigen bis schattigen Waldrand handelte und weniger um Heckenpopulationen. Seine Nichtackerherkünfte verfügten - außer zu Beginn und am Schluss der Untersuchungen - mit Indizes von ca. 2,5:1 bis ca. 4,2:1 über elliptischere Laubblätter als die Ackerherkünfte (5,3-7,4:1). Auffällig war in den eigenen Untersuchungen Herkunft D7, die im Vergleich zu allen anderen Populationen mit 0,85 cm nicht nur über die breitesten, sondern mit einem Index von 4,7:1 auch über die elliptischsten Laubblätter verfügte. Diese Herkunft stammte jedoch eindeutig vom Acker.

Auch hinsichtlich der Parameter der Laubblätter, wie bei den meisten anderen bis hierhin diskutierten Parametern, konnte im Gelände eine größere Variabilität zwischen verschiedensten Herkünften ermittelt werden als nach Anzucht in gleicher Umwelt, und zwar sowohl in den eigenen als auch in den Experimenten oben aufgeführter Autoren: BERKEFELD (1988) machte im Gelände die Beobachtung, dass Pflanzen auf feuchten, schattigen Standorten über bis zu 10 cm lange und bis zu 1 cm breite Blätter verfügten, während die Blätter von

Pflanzen auf offenen, trockenen Standorten - wie Hackfruchtäcker, Brandstellen und Schotterflächen - lediglich maximal 2-3 cm lang und 0,7 cm breit waren. Hinsichtlich der Blattlänge variierten die Herkünfte im Gelände somit sogar um bis das 5fache voneinander (s. auch unter „Sprosslänge“ und „Sprosstrockengewicht“).

Weiterhin wurden der Blühbeginn, die durchschnittliche Anzahl der produzierten Samen pro Pflanze, die TKM dieser sowie der durchschnittliche Samenertrag pro Pflanze ermittelt (s. Kapitel 4.2.9). Hinsichtlich des **Blühbeginns** zeigte sich, dass Herkünfte aus den südlicheren Regionen tendenziell früher zu blühen begannen - und zwar maximal um neun Tage - als Herkünfte aus dem nördlicheren Raum. Die Heckenpopulation D8 lag im Rahmen aller Ackerherkünfte. Im Vergleich zu den meisten deutschen Herkünften tendierte sie jedoch zu einem um ca. zwei Tage später einsetzenden Blühstadium. FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) beobachteten bei den von ihnen unter gleichen Bedingungen angezogenen englischen Populationen, ähnlich wie in den eigenen Untersuchungen, eine Korrelation zwischen dem Blühbeginn und der geographischen Lage, von der die Herkünfte herrührten – und zwar insofern, als dass Herkünfte aus dem südlicheren Raum Englands früher zu blühen begannen als Herkünfte aus den nördlicheren Regionen. Des Weiteren stellten die Autoren, entgegengesetzt zu den eigenen Ergebnissen, fest, dass die Heckenpopulationen in der Regel zwischen ein bis maximal neun Tagen früher zu blühen begannen als die Ackerherkünfte. Die Autoren erklärten dies mit den relativ schlechten Entwicklungsbedingungen (intensive Konkurrenz, potentielles frühes Feuchtigkeitsdefizit), denen *G. aparine* in einer Hecke ausgesetzt ist; ein früher Blühbeginn und eine damit verbundene frühe Samenreife wäre somit für *G. aparine* von Vorteil. GROLL und MAHN (1986) sowie AUGE und MAHN (1988) machten - allerdings im Gelände - ähnliche Beobachtungen und führten als Ursache für den unterschiedlichen Blühbeginn insbesondere die differenzierten Lichtverhältnisse in den jeweiligen Habitaten an. So begannen Pflanzen im Wald aufgrund der sich im Laufe der Vegetationsperiode zunehmenden verschlechternden Lichtbedingungen eher zu blühen als Herkünfte, die günstigeren Lichtverhältnissen (wie z. B. in Hafer) ausgesetzt waren. NIEMANN (1988) konnte jedoch bei der Untersuchung von norddeutschen Herkünften im Gelände, zumindest tendenziell im Einklang mit den eigenen Ergebnissen, feststellen, dass Nichtackerherkünfte ein bis drei Wochen später zu blühen begannen als die Ackerpopulationen. Aufgrund der früheren Blüte der Ackerpopulationen war auch die Samenreife früher vollzogen, so dass diese vor der Weizenernte abgeschlossen war. Die frühere Blüte von Ackerpopulationen ist somit als Selektionsvorteil zu werten.

VAN DER WEIDE (1992) ging mithilfe von Versuchen in der Klimakammer der Frage nach, welche Faktoren für die Einleitung der reproduktiven Phase bei *G. aparine* verantwortlich

sind, und konnte dabei insbesondere die Tageslänge sowie die Temperatur herausstellen, während die Lichtintensität und die Bodenfeuchtigkeit unbedeutend sind und die Düngung nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf den Blühbeginn hat.

Die **Samenzahl** lag in den eigenen Untersuchungen im Durchschnitt zwischen 222 (N3) und 443 (K) pro Pflanze, so dass die Herkünfte hier, im Vergleich zu dem Großteil der übrigen untersuchten Parameter, recht deutlich variierten (s. Kapitel 4.2.9). Herkünfte aus den südlicheren Regionen tendierten nicht nur zu einem früheren Blühbeginn, sondern auch zu einer größeren Samenzahl (s. auch Kapitel 4.2.10.3). Die Heckenpopulation D8 lag auch hinsichtlich dieses Parameters mit 265 Samen im Rahmen aller anderen *G. aparine*-Herkünfte. Im Vergleich zu den deutschen Herkünften tendierte sie, allerdings wie einige andere deutsche Herkünfte auch, zu einer geringeren Samenzahl. Die erzielten Ergebnisse stimmen annähernd mit denen von FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991), die hinsichtlich dieses Parameters vier englische Ackerpopulationen im Vergleichsanbau untersuchten, überein. Die Populationen produzierten zwar mit 660 bis 1623 Samen pro Pflanze drei bis knapp vier mal mehr Samen als in den eigenen Untersuchungen (was damit zusammenhängen dürfte, dass die Pflanzen im Freiland ausgesät und nicht wie in den eigenen Untersuchungen im Topf angezogen wurden), jedoch unterschieden sie sich maximal um das 2,4fache (lediglich ein klein wenig mehr als in den vorliegenden Untersuchungen) voneinander. Die von den Autoren untersuchten Heckenpopulationen produzierten mit durchschnittlich 441 bis 1208 Samen pro Pflanze ca. 1,4-mal weniger Samen als die Ackerpopulationen.

Im Gelände konnten zwischen drei verschiedenen Ackerpopulationen auch hinsichtlich dieses Parameters (GROLL und MAHN 1986) größere Unterschiede als in den eigenen Untersuchungen und denen von FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) nach Anzucht unter gleichen Bedingungen nachgewiesen werden - wenngleich ein direkter Vergleich der Resultate aufgrund der unterschiedlichen Versuchsbedingungen nur eingeschränkt möglich ist (s. auch weiter oben unter „Sprosslänge“). Die Herkünfte unterschieden sich hier sogar bis um das 5,8fache voneinander, wobei *G. aparine* in Sommergerste im Durchschnitt lediglich 43 Samen und in Winterraps und -weizen 252 bzw. 223 Samen pro Pflanze entwickelte (GROLL und MAHN 1986). Eine Population im Wald produzierte aufgrund der schlechten Lichtverhältnisse in diesem Habitat durchschnittlich nur 15 Samen pro Pflanze, eine Herkunft auf einem halbschattigen Ruderalstandort mit 27 Samen immerhin fast doppelt so viele. Die meisten Samen wurden jedoch von einer Population auf einem offenen, unbeschatteten Ruderalstandort produziert: Mit 1045 Samen pro Pflanze verfügte diese Herkunft über 38-72-mal! so viele Samen wie die beiden anderen Nichtackerherkünfte und über 4-24-mal so viele wie die drei Ackerherkünfte. Es wird somit auch hinsichtlich dieses Parameters (s. auch weiter oben

unter „Sprosslänge“, „Sprosstrockengewicht“ und „Blattlänge“) deutlich, dass *G. aparine* im Gelände wesentlich variabler reagiert als unter gleichen Umweltbedingungen, wie es die eigenen Untersuchungen und die von FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) zeigten. *G. aparine* muss somit über eine enorme Reaktionsbreite verfügen; die Merkmalsausprägung an und für sich ist vermutlich nur in begrenztem Ausmaß genetisch determiniert.

Auch hinsichtlich der **TKM** von *G. aparine*-Samen differieren die Angaben in der Literatur. In den eigenen Untersuchungen variierte diese zwischen 6,4 und 9,6 g, die durchschnittliche TKM lag bei 7,6 g (s. Kapitel 4.2.9). Herkünfte aus dem nördlichen Raum tendierten nicht nur zu einem späteren Blühbeginn, einer geringeren Samenzahl, sondern auch zu Samen mit einer kleineren TKM als Herkünfte aus dem südlichen Raum. Die Heckenpopulation D8 unterschied sich nicht von den Ackerherkünften – weder von allen noch von den deutschen, tendierte lediglich mit 8,3 g in Richtung einer größeren TKM. Während die von GLAUNINGER (1985) untersuchten Samen österreichischer Acker- und Nichtackerherkünfte (wobei allerdings unklar ist, wie die Werte erhoben wurden) im Durchschnitt mit 7,9 g über eine ähnlich große TKM verfügten wie die in vorliegender Arbeit, gaben MALIK und VANDEN BORN (1988), die sich im Rahmen eines Abrisses mit der Biologie kanadischer Herkünfte befassten, allgemein 3-6 g für die TKM bei *G. aparine* an. In den Untersuchungen von HILL und COURTNEY (1991b) lag die TKM der Herkünfte zwischen 5,6 g und 9,5 g, wobei hier eine Ackerpopulation aus Irland über die größte TKM verfügte, gefolgt von einer Herkunft aus England (Hecke) und Italien (Habitat unbekannt), einer Ackerpopulation aus der Schweiz und einer französischen Herkunft vom Feldrand. Eine mögliche Abhängigkeit der Merkmalsausprägung von geographisch-klimatischen Faktoren wurde nicht diskutiert. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hier, im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen, nicht um unter gleichen Umweltbedingungen produziertes Samenmaterial handelte, sondern um Samen, die auf den jeweiligen Standorten gesammelt wurden (schließlich ist allgemein bekannt, dass die TKM nicht nur allein genetisch determiniert ist, sondern auch von Standortbedingungen beeinflusst wird (HILL und COURTNEY 1991b)), so dass sich ein direkter Vergleich mit den eigenen Ergebnissen als schwierig erweist. Lediglich FROUD-WILLIAMS und FERRIS-KAAN (1991) führten ihre Experimente unter ähnlichen Bedingungen wie in vorliegender Arbeit durch und konnten zwischen den von ihnen untersuchten englischen Populationen nach Anzucht in gleicher Umwelt - im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen - keine signifikanten Unterschiede, weder zwischen den Acker- noch den Acker- und Heckenpopulationen, ermitteln.

Im Gelände konnten GROLL und MAHN (1986) unterschiedliche TKM bei Herkünften in verschiedenen Habitaten feststellen, wobei insgesamt betrachtet die ermittelten Werte und

Unterschiede etwa im Rahmen der eigenen Ergebnisse lagen (sofern ein direkter Vergleich mit den eigenen Resultaten überhaupt zulässig ist; s. weiter oben unter „Sprosslänge“ etc.). Eine untersuchte Waldpopulation produzierte, aufgrund der schlechten Lichtbedingungen, nur wenige Samen, die über eine kleinere TKM (7,0 g) verfügten, während eine Ackerpopulation (Winterraps) eine größere Samenzahl, die außerdem eine größerer TKM (8,2 g) aufwies, entwickelte. Eine Population auf einem offenen, unbeschatteten Ruderalstandort, die den günstigsten Bedingungen hinsichtlich des Lichtes ausgesetzt war, verfügte dagegen über die meisten Samen von mit 9,0 g größter TKM.

Bis hierhin wurden die erzielten Ergebnisse bezüglich der erhobenen morphologischen und phänologischen Parameter im Vergleich zu denen anderer Autoren diskutiert. Die Ermittlung der konkreten **Ursachen für die unterschiedliche Morphologie und Phänologie** der einzelnen Herkünfte bzw. der anhand der Clusteranalyse ermittelten Ähnlichkeitsgruppen (s. Kapitel 4.2.10) gestaltet sich jedoch schwierig. Während, wie oben bereits im Einzelnen aufgeführt, insbesondere GROLL und MAHN (1986), BERKEFELD (1988) und AUGE und MAHN (1988) anhand ihrer Untersuchungen im Gelände in verschiedenen Habitaten und Kulturen eine große Anpassungsfähigkeit der Art an die gegebenen Bedingungen nachweisen und konkrete Ursachen für die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen ermitteln konnten, gestaltet sich die Ursachenermittlung für die anhand der vorliegenden Untersuchungen ermittelte Variabilität der Herkünfte schwierig: Die Populationen unterlagen während ihrer Entwicklung in der Vegetationshalle den gleichen Umweltbedingungen. Die nachgewiesenen Unterschiede können somit nicht als direkte Anpassungsreaktionen an verschiedene Umweltbedingungen, wie bei den Untersuchungen oben genannter Autoren, interpretiert werden. Da die Herkünfte unter gleichen Umweltbedingungen aufwuchsen und sich hinsichtlich einer Vielzahl von Parametern voneinander unterscheiden, ist jedoch klar, dass sie sich genetisch voneinander unterscheiden müssen. Als Ursache für die verschiedenen Merkmalsausprägungen wird jedoch ein ganzer Komplex von über eine Vielzahl von Jahren hinweg selektiv wirksamer und sich zudem gegenseitig beeinflussender Faktoren verantwortlich sein. Es dürften makro- wie mikroklimatische Einflüsse, die Bodenart, der Bodentyp sowie sämtliche Faktoren, die mit dem Kulturpflanzenanbau über viele Jahre hinweg in Zusammenhang stehen – wie z. B. die Bodenbearbeitung, die Düngung, die Fruchtfolge, Pflanzenschutzmaßnahmen, Ernteverfahren sowie Zeitpunkte, zu denen Maßnahmen durchgeführt wurden - in Betracht kommen. Ein weiterer Punkt, der die Interpretation der Ergebnisse erschwert und der im weiteren Verlauf der Diskussion unberücksichtigt bleiben muss, ist die Tatsache, dass nicht sicher ist, ob die ermittelte Morphologie sowie Phänologie der Herkünfte unter anderen Wachstumsbedingungen als in der Vegetationshalle im süddeutschen Raum die gleiche gewesen wäre. Schließlich verfügt *G. aparine*, wie weiter oben

bereits umfassend diskutiert, über eine enorme Anpassungsfähigkeit an die gegebenen Bedingungen. Sicherlich hätte man bei Anzucht der Herkünfte unter anderen Bedingungen größere bzw. kleinere Merkmalsausprägungen erhoben. Dabei ist jedoch fraglich, ob die Herkünfte unter anderen Bedingungen hinsichtlich der erhobenen Parameter die gleiche Reihenfolge eingenommen hätten; es ist denkbar, dass die Populationen sich hinsichtlich ihrer Fähigkeit, sich den gegebenen Bedingungen anzupassen, voneinander unterscheiden und auch unterschiedlich reagieren.

Es ist deutlich geworden, dass die Herkünfte sich genetisch voneinander unterscheiden. Unklar bleibt jedoch, inwieweit die ermittelten Merkmalsausprägungen an und für sich genetisch fixiert sind bzw. inwiefern die Umweltbedingungen, unter denen die Populationen angezogen wurden, Einfluss auf die Merkmalsausprägungen der einzelnen Herkünfte hatten. Geht man davon aus, dass zumindest die Reihenfolge der Herkünfte hinsichtlich ihrer Merkmalsausprägungen bei Anzucht unter anderen Umweltbedingungen die gleiche gewesen wäre und betrachtet die Fruchtfolgen (s. Anhang), die für etwa die Hälfte der untersuchten Herkünfte (aber lediglich für einen relativ kurzen Zeitraum) vorliegt, wird deutlich, dass diese allesamt verschieden waren. Es gab keine zwei Herkünfte mit ein und derselben Fruchtfolge an verschiedenen Standorten, so dass man die unterschiedlichen morphologischen und phänologischen Merkmalsausprägungen ausschließlich auf Standortbedingungen hätte zurückführen können. Umgekehrt stammten keine zwei Populationen von ein und demselben Standort und unterlagen stark voneinander abweichenden Fruchtfolgen (wie etwa verschiedenen Monokulturen), so dass eine Ursachendiskussion verschiedener Merkmalsausprägungen lediglich unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fruchtfolgen hätte erfolgen können. Aufgrund der Vielzahl der verschiedenen Früchte in einer Folge (Halmfrüchte wie Hackfrüchte, Winterungen wie Sommerungen), ist es nicht möglich, anhand dieser die konkreten Ursachen für die ermittelten Merkmalsausprägungen bei den einzelnen Herkünften ausfindig zu machen. Geht man davon aus, dass die Fruchtfolgen, der Pflanzenschutz, die Bodenbearbeitung u. a. Maßnahmen auf den Flächen, von denen die Herkünfte stammten, über einen sehr langen Zeitraum von z. B. Jahrzehnten bzw. Jahrhunderten, recht ähnlich gestaltet waren, könnte man davon ausgehen, dass zumindest hinsichtlich einiger Merkmalsausprägungen die Ursache für die Unterschiede zwischen den Herkünften eher in geographisch-klimatischen Faktoren (die allerdings den Kulturpflanzenanbau wiederum mit beeinflussen wie etwa standortspezifische Aussaat- und Erntetermine) zu suchen wäre. Es besteht die Möglichkeit, dass die Einflüsse, die von geographisch-klimatischen Faktoren ausgehen, größer sind als die, die von der Fruchtfolge herrühren. Dafür spricht, dass selbst die aus einem anderen Habitat stammende Heckenpopulation D8 sich nicht besonders deutlich von den Ackerpopulationen unterschied. Nach den Resultaten der Clusteranalyse

(s. Kapitel 4.2.10.5) war sie den anderen süddeutschen Herkünften recht ähnlich. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass schließlich lediglich eine Nichtackerpopulation untersucht wurde und die Fruchtfolgen der Herkünfte über einen längeren Zeitraum als von maximal fünf Jahren nicht vorlagen.

Hinweise bezüglich des Einflusses von geographisch-klimatischen Faktoren auf den Phänotyp liegen in der Literatur zwar nicht für *G. aparine*, jedoch für andere Pflanzenarten vor. So wurde bei *Descurainia sophia* (L.) WEBB. der Einfluss von Kurz- und Langtagbedingungen auf das Wachstum untersucht (BLUMRICH und MAHN 1986, MAHN 1987). Dabei resultierte das Wachstum bei Kurztag in größeren Pflanzenhöhen und größeren Trockengewichten als unter Langtagbedingungen. HAAS et al. (1998) konnten bei überwiegend aus Deutschland stammenden, unter gleichen Umweltbedingungen angezogenen *Amaranthus retroflexus*-Populationen, ähnlich wie in den eigenen Untersuchungen, feststellen, dass Herkünfte aus dem nördlicheren Raum zu kürzeren Sprossen neigten als Herkünfte aus weiter südlicheren Gebieten. Auch diese Autoren vermuten einen Zusammenhang zwischen der Merkmalsausprägung und klimatischen Faktoren, ohne diese jedoch im Einzelnen zu benennen. Hingegen konnten DIECK et al. (1998) bei der gleichen Art die Sprosslänge nicht bestimmten Regionen zuordnen. WARWICK und MARRIAGE (1982) untersuchten die Morphologie von *Chenopodium album* L. nach Anzucht unter gleichen Bedingungen und zeigten auf, dass Individuen aus dem nördlichen Raum Südontarios früher zu blühen begannen, weniger gesamte als auch reproduktive Biomasse produzierten, wobei die Samen jedoch eine größere TKM entwickelten als Individuen aus dem südlicheren Raum. WEBER und SCHMID (1998) konnten bei *Solidago* spp. nach Anzucht unter gleichen Bedingungen hinsichtlich des Blühbeginns feststellen, dass Pflanzen aus den nördlicheren Regionen Europas früher zu blühen begannen als Pflanzen aus dem südlicheren Raum.

In den eigenen Untersuchungen tendierten Herkünfte aus den nördlicheren Regionen zu kleineren Keimblättern, zu kürzeren Haupttrieben, zu einem kleineren Sprossgewicht, zu einem späteren Blühbeginn, zu einer kleineren Samenzahl und zu Samen von kleinerer TKM (s. Kapitel 4.2.10.4 und 4.2.10.5). GROLL und MAHN (1986), BERKEFELD (1988) und AUGE und MAHN (1988) konnten, wie oben bereits diskutiert, anhand von Untersuchungen im Gelände in verschiedenen Habitaten und Kulturen eine große Anpassungsfähigkeit der Art hinsichtlich Sprosslänge, Internodienlänge, Blühbeginn, Samenzahl etc. an die gegebenen kleinräumigen Bedingungen, wie den Lichtfaktor, der Bestandesstruktur und der zur Verfügung stehenden Entwicklungszeit, nachweisen. Eine kurze zur Verfügung stehende Entwicklungszeit (z. B. Sommergerste), weniger Licht (z. B. Wald) und ein hoher Bestand (Wald) resultierte u. a. in Individuen mit kurzen Sprossen, mit einem früheren Blühbeginn und mit

einer geringeren Samenzahl. Es ist nicht klar, warum die in vorliegender Arbeit untersuchten Herkünfte aus den nördlicheren Regionen zu einem weniger „kräftigen“ Wuchs tendierten als die aus den südlicheren. Es ist jedoch an dieser Stelle nochmals anzumerken, dass es sich hierbei lediglich um leichte Tendenzen handelte.

Zum Vergleich mit *G. aparine* wurde eine Herkunft von ***G. spurium*** mitgeführt. Es konnte aufgezeigt werden, dass diese Art, die mit *G. aparine* leicht verwechselt werden kann, sich hinsichtlich der reproduktiven Parameter deutlich von *G. aparine* unterschied; sie produzierte wesentlich mehr Samen pro Pflanze, die zudem von wesentlich kleinerer TKM waren (s. Kapitel 4.2.10.2). Von der Vielzahl der untersuchten *G. aparine*-Herkünfte gab es keine, die hinsichtlich dieser Parameter der *G. spurium*-Herkunft stark ähnelte.

5.3 Zusammenhang zwischen der Herbizidempfindlichkeit und der Morphologie bzw. Phänologie der untersuchten Herkünfte

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Herbizidempfindlichkeit und der Morphologie bzw. Phänologie der Herkünfte nachgewiesen werden (s. Kapitel 4.2.10.6); sensitivere und unsensitivere Herkünfte unterschieden sich weder morphologisch noch phänologisch voneinander. HILL und COURTNEY (1991b) untersuchten fünf europäische *G. aparine*-Herkünfte unmittelbar vor der Applikation von Fluroxypyr hinsichtlich der Pflanzenhöhe, der Keimblattfläche, der gesamten Blattfläche sowie des Trockengewichtes. Die Autoren führten zwar keine Diskussion über eine mögliche Korrelation zwischen der Herbizidempfindlichkeit und der Morphologie der Herkünfte zum Applikationszeitpunkt, jedoch schien eine solche anhand der fünf untersuchten Herkünfte, die sich allerdings hinsichtlich ihrer Fluroxypyr-Empfindlichkeit nur relativ geringfügig voneinander unterschieden, nicht feststellbar zu sein. Sonstige Untersuchungen bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Morphologie bzw. Phänologie und der Herbizidempfindlichkeit liegen bei *G. aparine* nicht vor.

Bei vielen anderen Unkrautarten hat man eine abweichende Morphologie und Phänologie bei resistenten Biotypen beobachtet: *Chenopodium album*-Sippen eines Taxons mit trugdoldigscheinrispigen Infloreszenzen zeigten eine größere Resistenz gegenüber Triazinen als andere (ARLT und JÜTTERSONKE 1987 und 1990, JÜTTERSONKE und ARLT 1992). Niederliegend wachsende Typen von *Echinochloa crus-galli* erwiesen sich als resistent gegen Prometryn und Nitrofen. Hochwüchsige Herkünfte von *Amaranthus retroflexus* waren zugleich unempfindlich gegenüber dem Herbizid Goltix® WG mit dem Wirkstoff Metamitron (JÜTTER-

SONKE 1998). CHODOVA et al. (1993) stellten bei der Untersuchung eines sensitiven und eines resistenten Biotyps von *Senecio vulgaris* fest, dass bei Letzterem die Biomasse und das Trockengewicht des Wurzelkörpers stark reduziert waren; die resistente Herkunft verfügte über weniger Blätter und kürzere Wurzeln. Auch der reproduktive Output kann bei empfindlichen und resistenten Herkünften verschieden sein; zumindest in einem Versuchsjahr konnte bei einer empfindlichen Herkunft von *Brassica kaber* (D. C.) L. C. WHEELER eine größere Samenzahl nachgewiesen werden als bei einer resistenten (DEBREUIL et al. 1996). Bei einer gegenüber einem Auxinherbizid resistenten Population von *Sinapis arvensis* wurde eine geringere Wuchshöhe, ein kleineres Wurzelsystem, eine stärkere Verzweigung und kleinere Blätter festgestellt als bei einer empfindlichen Herkunft (HALL und ROMANO 1995). Als Ursache für viele dieser Veränderungen bei der resistenten Herkunft wird insbesondere eine erhöhte Cytokinin-Konzentration, zurückzuführen auf eine mit der Resistenz in Zusammenhang stehende Mutation, in Betracht gezogen. ESTELLE und SOMERVILLE (1987) konnten bei gegenüber 2,4-D resistenten *Arabidopsis thaliana* (L.) HEYNH.-Linien eine rezessive Mutation an einem bestimmten Lokus ausfindig machen, die sie auch für die morphologischen Veränderungen bei Individuen dieser Linie verantwortlich machten.

5.4 Molekularbiologische Untersuchungen

Anhand der Methode der RAPD-PCR wurden 15 *Galium*-Herkünfte, einschließlich der Heckenpopulation D8 sowie der *G. spurium*-Herkunft R, hinsichtlich ihrer Diversität untersucht. Es wurden 40 Decamer-Primer auf ihre Eignung zur Beschreibung der Diversität von *G. aparine* getestet (s. Kapitel 3.5.5), wobei sich 17 Primer aufgrund detektierbarer Polymorphismen für die statistische Auswertung als brauchbar erwiesen (s. Kapitel 4.3). Zur Berechnung der genetischen Ähnlichkeiten der Herkünfte wurde eine Clusteranalyse durchgeführt und ein Dendrogramm erstellt. Die ermittelte genetische Ähnlichkeit der Herkünfte lag zwischen 93 und 97 %. Die *G. aparine*-Herkünfte wurden im Wesentlichen in zwei Gruppen eingeteilt, die sich jeweils aus Herkünften verschiedener Regionen zusammensetzten. Es konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Clusterergebnis und den Ergebnissen zur Morphologie und Phänologie sowie zur Herbizidempfindlichkeit nachgewiesen werden. Die Heckenpopulation D8 differenzierte sich auch hier bei den molekularbiologischen Untersuchungen, wie bei den Untersuchungen zur Morphologie und Phänologie sowie zur Herbizidempfindlichkeit, nicht von den Ackerpopulationen, sondern clusterte mit diesen zusammen. Die *G. spurium*-Herkunft R dagegen unterschied sich relativ deutlich von *G. aparine*.

Im Vergleich zu anderen Pflanzenarten, ist die genetische Ähnlichkeit innerhalb *G. aparine* mit 93 bis 97 % als relativ hoch bzw. die Diversität mit max. 7 % als relativ gering zu bewerten. Dies hängt sicherlich damit zusammen, dass *G. aparine* der Gruppe der Selbstbefruchter angehört (s. Kapitel 2.6). In der Literatur liegen einige Ergebnisse bezüglich fremdbefruchtender Arten vor, wobei beispielsweise bei *Sinapis arvensis*-Populationen eine genetische Diversität von 85 % ermittelt wurde (MEIKLE et al. 1995) und bei Populationen von *Alopecurus myosuroides* eine genetische Diversität von 65 % nachgewiesen werden konnte (SCHMIDT et al. 2001).

Da die ermittelte genetische Diversität der *G. aparine*-Herkünfte, zumindest im Vergleich zu fremdbefruchtenden Pflanzenarten, als relativ gering zu bewerten ist und zudem kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den molekularbiologischen Ergebnissen und den Resultaten zur Morphologie und Phänologie nachzuweisen war, könnte man daraus schließen, dass die gemessenen morphologischen und phänologischen Merkmalsausprägungen nicht unbedingt genetisch fixiert sind. Die zu verzeichnende morphologische und phänologische Variabilität der Herkünfte hinsichtlich einiger Parameter war jedoch teilweise relativ groß, ebenso unterschieden sich einige Herkünfte recht deutlich von ihrem gesamten Habitus voneinander, so dass zu erwarten wäre, dass sich dies molekularbiologisch manifestieren würde. Möglicherweise sind die Merkmalsausprägungen sowie der Habitus der Herkünfte an und für sich nicht genetisch manifestiert. Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben und diskutiert, verfügt *G. aparine* über eine relativ große Reaktionsbreite, die es der Art ermöglicht, sich verschiedenen Bedingungen anzupassen. Es ist, wie weiter oben bereits umfassend diskutiert, nicht klar, ob die Merkmalsausprägungen und der Habitus der Herkünfte unter anderen Bedingungen die gleichen gewesen wären; es ist allgemein bekannt, dass die Expression der Gene durch die Umwelt beeinflusst wird.

Auch die unterschiedliche Sensitivität der Herkünfte gegenüber den verschiedenen Herbiziden manifestierte sich nicht molekularbiologisch. Es clusterten sowohl empfindlichere als auch unempfindlichere Herkünfte in einer Gruppe bzw. nebeneinander. Anhand zweier Vergleichsherkünfte (s. Kapitel 4.1.3 und 4.1.6) konnte jedoch nachgewiesen werden, dass die Ergebnisse hinsichtlich der Herbizidempfindlichkeit im Wesentlichen wiederholbar sind, was ein Hinweis dafür sein kann, dass die Herbizidempfindlichkeit genetisch manifestiert ist. Offensichtlich waren die Primer nicht geeignet, solche Unterschiede zwischen den Herkünften anzuzeigen.

Erste und bisher einzigste molekularbiologische Untersuchungen hinsichtlich der Diversität innerhalb *G. aparine* liegen von MITCHELSON et al. (1995) vor. Die Autoren untersuchten

europäische Acker- und Heckenpopulationen anhand der RAPD-PCR. 36 Primer wurden auf ihre Eignung zur Beschreibung der Diversität von *G. aparine* getestet. Nur zwei Primer zeigten Polymorphismen an. Die Autoren konnten, ähnlich wie in vorliegender Arbeit, keinen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der RAPD-PCR und dem geographischen Ursprung der Herkünfte nachweisen. Ebenso wenig - wie in vorliegender Arbeit auch - ließen sich Acker- und Heckenpopulationen auf molekularbiologischer Ebene differenzieren.

5.5 Forschungsbedarf

Anhand der durchgeführten Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, dass Herkünfte von *G. aparine* aus Europa sich hinsichtlich ihrer Herbizidempfindlichkeit, ihrer Morphologie und Phänologie sowie genetisch voneinander unterscheiden. Es besteht weiterer Forschungsbedarf bezüglich der Ursachen für die verschiedene Herbizidempfindlichkeit innerhalb *G. aparine*. Denkbar wären beispielsweise Unterschiede hinsichtlich der Aufnahme, der Translokation oder aber der Metabolisierung von herbiziden Wirkstoffen. Bei Fluroxypyr wurde, wie in der Diskussion bereits geschildert, nachgewiesen, dass die Variabilität auf Unterschiede zwischen den Herkünften in der metabolischen Detoxifikation zurückzuführen ist. Vielleicht spielt aber auch die Oberflächenbeschaffenheit der Blätter wie z. B. die Behaarung oder die Kutikula ebenfalls eine wichtige Rolle.

Des Weiteren ist nur wenig über mögliche Ursachen der unterschiedlichen Morphologie und Phänologie von *G. aparine* bekannt bzw. über den Einfluss von Klima, Fruchtfolge und weiterer Faktoren (wie etwa Düngung, Pflanzenschutzmaßnahmen, Bodenbearbeitung etc.). Hier wäre es beispielsweise erforderlich, Herkünfte von Flächen zu untersuchen, deren Feldhistorie zumindest über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten, besser noch Jahrhunderten, bekannt ist. Um z. B. den Einfluss pflanzenbaulicher Aspekte zu untersuchen, wäre es von Vorteil, wenn die Historie solcher (geographisch nah aneinander liegender Flächen, um unterschiedliche Klimaeinflüsse auszuschalten) sich hinsichtlich einiger weniger Faktoren deutlich voneinander unterscheiden würden, so dass mögliche Zusammenhänge zwischen Morphologie und Phänologie sowie der Feldhistorie sicherer zu erkennen und zu erklären sind.

Wie bereits diskutiert, verfügt *G. aparine* über eine enorme Anpassungsfähigkeit an die gegebenen Bedingungen. Unklar ist jedoch, inwiefern es sich um Anpassungsreaktionen an die gegebenen Umweltbedingungen handelt bzw. inwiefern morphologische und phäno-

logische Merkmalsausprägungen genetisch fixiert sind. Mit Hilfe von Klimakammerversuchen, wo gezielt einzelne Klimaparameter kontrolliert und variiert werden können, könnte der Versuch unternommen werden, diese Frage, einschließlich der Frage hinsichtlich einer möglichen Reaktionsvariabilität bei verschiedenen Herkünften, zu beantworten.

Anhand der molekularbiologischen Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, dass die genetische Ähnlichkeit der *G. aparine*-Populationen zwischen 93 und 97 % liegt. Die molekularbiologische Untersuchung von *G. aparine* steht noch zu Beginn ihrer Entwicklung, so dass noch weiterer Forschungsbedarf besteht. Interessant wäre die Ermittlung von Primern für entsprechende Merkmalsausprägungen bei *G. aparine*. Dies setzt jedoch die Kenntnis darüber voraus, welche Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen inwieweit genetisch fixiert sind.

6 Zusammenfassung

G. aparine ist eine sehr anpassungsfähige und weit verbreitete Pflanzenart. Sie zählt zu den bedeutendsten Unkrautarten und ist in nahezu allen Kulturen mit großem Schadpotenzial vertreten. Nicht selten wird über eine größere Variabilität innerhalb *G. aparine*, sowohl hinsichtlich morphologischer und phänologischer Merkmale als auch bezüglich der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Herbiziden, berichtet. Aus diesem Grund und aufgrund der Tatsache, dass umfassende Informationen zur Biologie und Ökologie dieser Art für eine erfolgreiche Bekämpfung erforderlich sind, wurde in vorliegender Arbeit die Diversität von *G. aparine* unter gleichen Wachstumsbedingungen untersucht. Dies erfolgte anhand von 24 verschiedenen aus Europa stammenden Ackerpopulationen mit teilweiser bekannter Feldhistorie, wobei zum Vergleich eine Herkunft aus einer Hecke und eine Population von *G. spurium* mitgeführt wurde.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit war die Untersuchung der Herkünfte auf ihre Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Herbiziden einschließlich eines Versuchsproduktes. Des Weiteren wurden die Morphologie und Phänologie der Herkünfte untersucht. Mithilfe der RAPD-PCR wurde die Variabilität ausgewählter Populationen schließlich auf molekularbiologischer Ebene erfasst.

Anhand der Untersuchungen zur Herbizidempfindlichkeit konnte aufgezeigt werden, dass Ackerpopulationen von *G. aparine* unterschiedlich empfindlich auf verschiedene Wirkstoffe reagieren. Die größten Unterschiede zwischen den Herkünften waren bei Anwendung eines Versuchsproduktes zu verzeichnen, wobei die Herkünfte sich auf dem für die Bekämpfung relevanten Niveau der ED_{90} maximal um den Faktor 6,8 voneinander unterschieden. Die kleinste Variabilität wurde bei Einsatz von Mecoprop-P sowie Cinidon-ethyl ermittelt. Hier unterschieden sich die Herkünfte maximal um das 1,5 bzw. 1,7fache voneinander. In der Regel ließen sich sämtliche Populationen mit deutlich weniger als der empfohlenen Aufwandmenge bekämpfen. Resistente Herkünfte gegenüber den geprüften Wirkstoffen konnten nicht ausfindig gemacht werden. Die mitgeführte Heckenpopulation unterschied sich nicht von den Ackerpopulationen, *G. spurium* reagierte teilweise ein wenig empfindlicher als *G. aparine*. Zwischen den ermittelten Herbizidempfindlichkeiten der Herkünfte und den in der Feldhistorie - die allerdings lediglich für einen relativ kurzen Zeitraum vorlag - aufgeführten chemischen Bekämpfungsmaßnahmen konnte kein Kausalzusammenhang ermittelt werden. Die Ergebnisse, die mit dem Versuchsprodukt und Cinidon-ethyl erzielt wurden, müssen auf eine natürliche Variabilität zurückzuführen sein, da die Wirkstoffe sich zum Zeitpunkt der Entnahme der Herkünfte von den Flächen noch nicht auf dem Markt befanden. Populationen,

die von relativ nah aneinander liegenden Flächen herrührten, reagierten genauso unterschiedlich empfindlich gegenüber den einzelnen Wirkstoffen wie Herkünfte von weiter voneinander entfernten Flächen, so dass keine Regionen ausfindig gemacht werden konnten, in denen gegenüber einem Wirkstoff sensitivere bzw. unsensitivere Herkünfte dominieren.

Anhand der Untersuchungen zur Morphologie und Phänologie konnte aufgezeigt werden, dass die Herkünfte sich hinsichtlich einer Vielzahl von Merkmalen voneinander unterscheiden. Bei den meisten Parametern lagen die jeweils zu ermittelnden Unterschiede in nahezu gleicher Größenordnung, wobei die Herkünfte in der Regel maximal um das 1,2-1,5fache variierten. Größere Unterschiede konnten hinsichtlich der Keimblattfläche, der Samenzahl und des Samenertrages ermittelt werden, wobei bezüglich des letzten Parameters die größte Variabilität innerhalb *G. aparine* ermittelt wurde. Die Herkünfte unterschieden sich hier maximal um das 2,4fache voneinander. Einige Populationen fielen dahingehend auf, dass sie gleich hinsichtlich mehrerer Parameter größere bzw. kleinere Ausprägungen annahmen, das heißt, dass einige Herkünfte von recht kräftigem, andere von eher zierlichem Habitus waren. Anhand einer Clusteranalyse konnten die *G. aparine*-Herkünfte in vier Ähnlichkeitsgruppen eingeteilt werden. Die Heckenpopulation differenzierte sich nicht von den Ackerpopulationen, während *G. spurium* sich bezüglich einiger Merkmale, wie erwartet, deutlich von *G. aparine* unterschied. Mithilfe einer Korrelationsanalyse konnten zwischen einigen Parametern statistische Zusammenhänge nachgewiesen werden. Beispielsweise resultierte ein früherer Blühbeginn häufig in einem höheren Samenertrag. Die Ausprägung einiger Merkmale könnte mit der geographischen Herkunft der Populationen in Zusammenhang stehen. Herkünfte aus dem nördlicheren und westlicheren Raum tendierten zu einem etwas zierlicheren Habitus als Herkünfte aus dem südlicheren Raum. Des Weiteren setzte das Blühstadium, zumindest tendenziell, ein wenig später ein. Die Merkmalsausprägungen ließen sich nicht mit der Feldhistorie erklären. Es wird angenommen, dass sowohl klimatisch-geographische Faktoren als auch die langjährige Feldhistorie die Morphologie und Phänologie der Herkünfte beeinflusst haben. Sensitivere bzw. unsensitivere Herkünfte unterschieden sich morphologisch und phänologisch nicht voneinander.

Mithilfe der Methode der RAPD-PCR wurde ein großer Teil der Herkünfte molekularbiologisch untersucht. 17 von 40 getesteten Decamer-Primern zeigten Polymorphismen an und wurden zur Berechnung der genetischen Ähnlichkeiten herangezogen. Die genetische Ähnlichkeit der *G. aparine*-Herkünfte einschließlich der Heckenpopulation lag zwischen 93 und 97 %. Es konnten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der RAPD-PCR und der Morphologie und Phänologie sowie der Herbizidempfindlichkeit der Herkünfte nachgewiesen werden. Mögliche Gründe dafür wurden diskutiert.

7 Summary

On the diversity of populations of *Galium aparine* L.

G. aparine is known as a very adaptable and worldwide distributed plant species. It is one of the worst weed species in numerous crops causing severe problems. Occasionally, a high degree of variability of *G. aparine* regarding to morphological and phenological characteristics was reported as well as to its herbicide susceptibility. Because of these observations and the necessity to gain more information about the biology and ecology of this species to perform a successful control of this weed in the field the variability of *G. aparine* was investigated. In comparative studies field populations of different origins within Europe were used. For some of these populations the history of field management for the last few years was known. Additionally to the field populations one population from a hedgerow and one population of *G. spurium* has been further characterized.

One central aim of these studies was the determination of the susceptibility of the populations against different herbicides including one test herbicide. Furthermore the morphology and phenology of the different populations were also characterized. The variability of selected populations was examined by RAPD-PCR, too.

The results of herbicide susceptibility tests showed that field populations of *G. aparine* reacted differently to the various herbicides. The largest differences in susceptibility were observed for the test herbicide, where one population showed a 6,8-fold higher tolerance than the most susceptible population (ED_{90}). Low variability was detected for Mecoprop-P and Cinidon-ethyl, where populations differed at a factor of at most 1,5 and 1,7, respectively. Nearly all populations could be controlled with reduced herbicide concentrations compared to the recommended dosages. No resistant population was observed. Further, no significant differences between field populations and the hedgerow population could be detected. In several experiments the population of *G. spurium* tended to react slightly more susceptible towards the herbicides than *G. aparine*.

A correlation between herbicide susceptibility and chemical control measures as described in the field history of the few past years could not be observed. The results with the test herbicide and Cinidon-ethyl might be interpreted as natural variability, because the active agents have not been on the market before sampling of the plants. Populations from adjacent fields showed as different susceptibilities as populations from distant fields, so that

no regions with populations predominantly expressing significant levels of susceptibility or tolerance could be identified.

The morphological and phenological tests showed that all populations differed regarding to many parameters. For most parameters the differences between the populations were in an identical range and persistently the populations differed at a maximum factor of 1,2-1,5. Higher differences than at this scale could be observed for the size of cotyledons, the number of seeds and the seminal yield. For the last parameter the largest differences could be observed with a maximum factor of 2,4 between the population with the smallest and highest seminal yield. Further, some populations showed a stronger habit than others. In a cluster analysis the *G. aparine* populations were divided into four groups. There was no difference between the field populations and the hedgerow population, but the population of *G. spurium* was, as expected, clearly different from *G. aparine*. An analysis of correlation revealed correlations for several parameters. For example, an early beginning of flowering was accompanied by a higher seminal yield. Some characteristics could furthermore be correlated with the geographic origin of the populations. Populations from northern and western locations often tended to have a less stronger habit than populations from the southern regions. Furthermore the onset of flowering was delayed compared to the populations from the more southern regions. The different characteristics could not been explained with the field history of the populations. Certainly the field history as well as climatic and geographic factors may have influenced the different morphology and phenology of the populations. In summary no morphological and phenological differences were detected between more sensitive or less sensitive populations.

The results of the RAPD-PCR showed that 17 out of 40 tested primers were suitable to indicate polymorphisms between the different populations. They have been used to calculate the genetic similarity of the populations. The resulting genetic similarity of the *G. aparine* populations including the hedgerow population was between 93 and 97 %. *G. spurium* differed clearly from *Galium aparine*. No correlations could be detected between the results of the molecular and the morphological, phenological and herbicide susceptibility tests. Possible reasons were discussed.

8 Literatur

ALEX, J.F.; CAYOUETTE, R.; MULLIGAN, G.A. (1980): Common and botanical names of weeds in Canada. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Publ. 1397.

ALTIERI, M.A. (1991): How best can we use biodiversity in agroecosystems? Outlook on Agriculture, 20, 15-23.

ANONYM (1995): Eigenschafts-Profil von Hoestar. Pflanzenschutz-Praxis, 2, 12.

ANONYM (2000): Herbicide Resistance Action Committee: Classification of herbicides according to mode of action. Internet: http://www.plantprotection.org/HRAC.html.

ARLT, K.; JÜTTERSONKE, B. (1987): Untersuchungen zur Resistenz der Sippen von *Chenopodium album* L. gegen Herbizide. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, 41, 209-212.

ARLT, K.; JÜTTERSONKE, B. (1990): Die infraspezifische Struktur von *Chenopodium album* L. in Beziehung zur Herbizidresistenz. Weed Research, 30, 189-199.

AUGE, H.; MAHN, E.-G. (1988): Zur Plastizität von *Galium aparine* L.-Populationen - Wachstum und Biomasseverteilung bei sommerannuellem Lebenszyklus. Flora, 180, 429-443.

AUGUSTIN, B. (1995): Klettenlabkraut: Hoestar und Starane im Vergleich. Pflanzenschutz-Praxis, 1, 10-13.

BACHER, J. (1996): Clusteranalyse – Anwendungsorientierte Einführung. 2. ergänzte Auflage, IX, Oldenbourg Verlag, München, Wien.

BAIN, A.B.; ATTRIDGE, T.H. (1988): Shade-light mediated responses in field and hedgerow populations of *Galium aparine* L. Journal of Experimental Botany, 39, 1759-1764.

BAIN, A.B.; BOATMAN, N.D. (1989): The potential of quinmerac (BAS 518 H) for the selective control of cleavers (*Galium aparine*) in field boundaries. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1057-1062.

BANDEEN, J.D.; STEPHENSON, G.R.; COWETT, E.R. (1982): Discovery and distribution of herbicide-resistant weeds in North America. In: Herbicide resistance in plants. H.M. LeBaron & J. Gressel (eds.), J. Wiley & Sons, New York, 9-30.

BARNWELL, P.; COBB, A.H. (1989): Physiological studies of mecoprop resistance in chickweed (*Stellaria media* L.). Weed Research, 29, 135-140.

BARTELS, M. (1987): Klettenlabkraut – Schadpflanze Nr. 1. Agrar-Übersicht, H. 2, 26-27.

BARTELS, M. (1995): Rebell und Debut: Neue Möglichkeiten. Pflanzenschutz-Praxis, 1, 20-21.

BERGHAUS, R.; RETZLAFF, G. (1988): Uptake and translocation of herbicidal quinolinecarboxylic acids in plants. 7th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, 81-86.

BERGHAUS, R.; RETZLAFF, G. (1989): Quinmerac – studies to investigate selectivity in wheat. British Crop Protection Conference – Weeds, 449-454.

BERGHAUS, R.; WUERZER, B. (1987): The mode of action of the herbicidal quinolinecarboxylic acid quinmerac (BAS 518 H). British Crop Protection Conference – Weeds, 1091-1096.

BERKEFELD, K. (1988): Untersuchungen zur Ökotypenbildung bei *Galium aparine* L. (*Rubiaceae*) und *Lapsana communis* L. (*Compositae*). Flora, 181, 111-130.

BLUMRICH, H.; MAHN, E.-G. (1986): Entwicklung und Stoffproduktion segetaler Populationen von *Descurainia sophia* (L.) WEBB ex PRANTL. Wissenschaftliche Zeitschrift, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, XXXV, H. 5, 111-121.

BOATMAN, N.D. (1991): Selective control of cleavers (*Galium aparine*) in conservation headlands with quinmerac. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 669-676.

BROWN, H.M.; COTTERMAN, J.C. (1994): Recent advances in sulfonylurea herbicides. In: Chemistry of Plant Protection. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 49-81.

BUHR, L.; FEYERABEND, G.; PALLUTT, B.; BECKER, H.-G. (1977): Situation des Auftretens von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) und Klettenlabkraut (*Galium aparine* L.) sowie Möglichkeiten zu deren Bekämpfung. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, 31, 237-240.

CHEN, S.C.; THSENG, F.S. (1990): Studies on the intaspecific variation of the upland weed purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) in Taiwan. 1. Variation of morphological characters in the populations of field and field path. Journal of Agriculture and Forestry, 39:1, 103-115.

CHODOVA, D.; MIKULKA, J.; KOCOVA, M. (1993): Different growth of two biotypes of common groundsel (*Senecio vulgaris* L.) grown in natural climatic conditions. Rostlinna Vyroba, 39:10, 889-894.

CLAUDE, J.-P.; CORNES, J.; CORNES, D. (1999): Status of ALS resistance in Europe. 11th EWRS (European Weed Research Society) Smposium, Basel, 156.

CLAUDE, J.P.; GABARD, J.; DE PRADO, R.; TABERNER, A.; MAILLET, J. (1998): An ALS-resistant population of *Papaver rhoeas* in Spain. 6th Mediterranean EWRS (European Weed Research Society) Symposium, 181-187.

COURTNEY, A.D.; HILL A.L. (1988): A preliminary study of variation in response to fluroxypyr in *Galium aparine* from a range of sites in Europe. VIIIeme Colloque International sur la Biologie, l'Ecologie et la Systematique des Mauvaises Herbes, Dijon, 1, 297-303.

CSEREPES, A.; NEMETH, I.; SARFALVI, B.; MAILLET, J. (1998): Examination of efficacy of amidosulfuron against cleavers (*Galium aparine*). 6th Mediterranean EWRS (European Weed Research Society) Symposium, Montpellier, France, 371-372.

D´SOUZA, D.S.M.; BLACK, I.A.; HEWSON, R.T. (1993): Amidosulfuron - A new sulfonylurea for the control of *Galium aparine* and other broad-leaved weeds in cereals. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 567-572.

DAYAN, F.E.; DUKE, S.O. (1997): Overview of protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 83-92.

DE VICENTE, M.C.; TRUCO, M.J.; EGEA, J.; BURGOS, L.; ARUS, P. (1998): RFLP variability in apricot (*Prunus armeniaca* L.). Plant Breeding, 117:2, 153-158.

DEBREUIL, D.J.; FRIESEN, L.F.; MORRISON, I.N. (1996): Growth and seed return of auxin-type herbicide resistant wild mustard (*Brassica kaber*) in wheat. Weed Science, 44:4, 871-878.

DEICHSEL, G.; TRAMPISCH, H.J. (1985): Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. Reihe Biometrie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

DEL MONTE, J.P.; MARTINEZ, M. (1997): Isoenzymatic variability in *Echinochloa crus-galli* (L.) BEAUV. Proceedings of the 1997 congress of the Spanish Weed Science Society, Valencia, Spain, 241-246.

DICE, L.R. (1945): Measures of the amount of ecological association between species. Ecology, 26, 297-302.

DIECK, S.; HOMMEL, B.; JÜTTERSONKE, B. (1998): Genotypische Charakterisierung von 33 Herkünften von *Amaranthus retroflexus* mittels RAPD-PCR. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt, Berlin-Dahlem, H. 357, 226.

DUKE, S.O.; DAYAN, F.E.; YAMAMOTO, M.; DUKE, M.V.; REDDY, K.N. (1996): Protoporphyrinogen oxidase inhibitors - their current and future roles. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, 775-780.

EHRENDORFER, F. (1965): Dispersal mechanisms, genetic systems and colonizing abilities in some flowering plant families. In: Genetics of colonizing species. H.G. Baker & J.L. Stebbins (eds.), Acad. Press, London, 331-351.

ELLENBERG, H. (1950): Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Bd. I, Ulmer Verlag, Stuttgart.

ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLI, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, XVIII, 2. Auflage, Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.

ESTELLE, M.A.; SOMERVILLE, C. (1987): Auxin-resistant mutants of A*rabidopsis thaliana* with an altered morphology. Molecular and General Genetics, 206, 200-206.

FABBRI, A.; HORMAZA, J.I.; POLITO, V.S. (1995): Random amplified polymorphic DNA analysis of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 120:3, 538-542.

FAGERLIND, F. (1937): Embryologische, zytologische und bestäubungsexperimentelle Studien in der Familie der *Rubiaceae*. Acta horti Berg., 11, 195-470.

FROUD-WILLIAMS, R.J.; FERRIS-KAAN, R. (1991): Intraspecific variation among populations of cleavers (*Galium aparine* L.). Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1007-1014.

FUERST, E.P.; STERLING, T.M.; NORMAN, M.A.; PRATHER, T.S.; IRZYK, G.P.; WU, Y.; LOWNDS, N.K.; CALLIHAN, R.H. (1996): Physiological characterization of picloram resistance in yellow starthistle. Pesticide Biochemistry and Physiology, 56, 149-161.

GADAMSKI, G.; GAWRONSKI, S.W. (1997): Comparative study on the DNA level of several european populations of *Conyza canadiensis*. 10th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, Poznan, 17.

GASQUEZ, J.; DARMENCY, H. (1991): Variability in herbicide response within weed species. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1023-1032.

GAVANIER, G.; LETERRIER, J.L.; WOLFF, J.M. (1992): Untersuchungen zum optimalen Applikationszeitpunkt von Amidosulfuron zur Bekämpfung von Klettenlabkraut (*Galium aparine*) in Winterweizen in Frankreich. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XIII, 607-610.

GEHRING, K.; BAUER, G. (2000): Gesamtbewertung von Herbizidmaßnahmen zur Bekämpfung von Klettenlabkraut (*Galium aparine* L.) in Wintergetreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XVII, 259-264.

GERBER, M.; NUYKEN, W.; SCHÖNHAMMER, A; SCHMIDT, O.; LANDES, M. (2000): Einfluss von Anwendungstermin und Anwendungsbedingungen auf die *Galium*-Bekämpfung mit Lotus R-Kombinationen in Getreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XVII, 517-523.

GLAUNINGER, J. (1985): Unterschiede in Morphologie und Entwicklung von *Galium aparine* L., *G. tricornutum* DANDY, *G. spurium* L. und *G. parisiense* L. Die Bodenkultur, 36, 319-332.

GLAUNINGER, J. (1986): Das Klettenlabkrautproblem auf Ackerland. Der Pflanzenarzt, 5, 13-15.

GLOBAL HERBICIDE DIRECTORY (2001): Internet: http://www.agranova.co.uk/herbhist.htm.

GREGOR, I.W. (1944): The ecotype. Biol. Rev., 19, 20-30.

GRESSEL, J.; AMMON, H.U.; FOGELFORS, H.; GASQUEZ, J.; KAY, Q.O.N.; KEES, H. (1982): Discovery and distribution of herbicide-resistant weeds outside North America. In: Herbicide resistance in plants. H.M. LeBaron & J. Gressel (eds.), J. Wiley & Sons, New York, 31-56.

GROLL, U.; MAHN, E.-G. (1986): Zur Entwicklung ausgewählter Populationen des Klettenlabkrautes (*Galium aparine* L.). Flora, 178, 93-110.

GROSSMANN, K.; SCHIFFER, H. (1998): Zum Wirkungs- und Selektivitätsmechanismus des neuen, selektiven Getreideherbizids Cinidon-ethyl (BAS 615 H). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, H. 357, 269.

GROSSMANN, K.; SCHIFFER, H. (1999): The mode of action and selectivity of cinidon-ethyl, a new herbicide for broadleaf weed control in cereals. 11th EWRS (European Research Society) Symposium, Basel, 173.

HAAS, H.U.; MICHEL, A.; HURLE, K. (1998): Morphologische und genetische Variabilität in *Amaranthus retroflexus* L. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XVI, 105-112.

HACKER, E.; BAUER, K.; BIERINGER, H.; WILLMS, L. (1990): Hoe 75032 – ein neues, selektives Nachauflaufherbizid zur Bekämpfung von *Galium* spp. und anderen Unkräutern vornehmlich in Getreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XII, 489-497.

HACKER, E.; GRAVERT, U.; SCHUMACHER, H. (1992): Mehrjährige Versuchserfahrungen mit Hoe 75032 (Amidosulfuron) zur Unkrautbekämpfung in Getreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XIII, 597-605.

HAFNER, K. (1968): Zum Einfluss verschieden starker Konkurrenz von *Sinapis alba* bzw. *Galium aparine* auf das Getreide. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. IV, 75-77.

HALL, J.C.; ROMANO, M.L. (1995): Morphological an physiological differences between the auxinic herbicide-susceptible (s) and –resistant (r) wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) biotypes. Pesticide Biochemistry and Physiology, 52, 149-155.

HALL, L.M.; STROMME, K.M.; HORSMAN, G.P.; DEVINE, M.D. (1998): Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false cleavers (*Galium spurium*). Weed Science, 46, 390-396.

HAMMER, K.; GLADIS, T.H.; DIEDRICHSEN, A. (1995): On the benefits of weeds. The variation of weeds originating from the Mediterranean genecentre. Diversity, 1,143-156.

HANF, M. (1941): Keimung und Entwicklung des Klettenlabkrautes (*Galium aparine* L.) in verschiedener Aussaattiefe. Angewandte Botanik, 23, 152-163.

HANF, M. (1958): Die Bekämpfung des Klettenlabkrautes. Mitteilungen DLG, 73, 509.

HANF, M. (1990): Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. 3. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft GmbH, München, Wien, Zürich.

HARR, J.; GUGGENHEIM, R.; SCHULKE, G.; FALK, R.H. (1991): The leaf surface of major weeds. Sandoz Agro LTD, Witterswil, Schweiz.

HEAP, I.M. (1999): International survey of herbicide resistant weeds. Internet: http://www.weedscience.com.

HEAP, I.M.; KNIGHT, R. (1990): Variation in herbicide cross-resistance among populations of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) resistant to diclofop-methyl. Australian Journal of Agricultural Research, 41, 121-128.

HEGI, G. (1918): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. 6, 1. Teil, Lehmans Verlag, München.

HEIMANN, B.; HARDING, S.A. (1996): Using RAPD markers to assess genetic variation in an arable weed population of *Cirsium arvense* (L.) SCOP. Association nationale de protection des plantes, international symposium on the biology of weeds, September 11-13, Dijon (France), 57-63.

HESS, H.E.; LANDOLT, E.; HIRZEL, R. (1972): Flora der Schweiz. Bd. 3, Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart.

HIESEY, W.M.; CLAUSEN, J.; KECK, D.D. (1942): Ecological aspects of evolution. Relations between climate and intraspecific variation in plants. The American Naturalist, Vol. LXXVI, No. 762, 5-22.

HILBIG, W. (1979): Die Verbreitung von Klebkraut-Arten auf Ackerland. In: „Bedeutung, Verbreitung, Biologie und Bekämpfung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten"; Tagungsbericht. VEB Synthesewerk Schwarzheide, Kombinat SYS, 22-27.

HILL, A.L.; COURTNEY, A.D. (1991a): Intra-specific variation of *Galium aparine* to fluroxypyr from a range of sites in Europe. In: Herbicide Resistance in Weeds and Crops. J.C. Caseley, G.W. Cussans, R.K. Atkin (eds.), Verlag Butterworth-Heinemann, Oxford, 443-444.

HILL, A.L.; COURTNEY, A.D. (1991b): The relative influence of genetic variation and provenance on the morphology and herbicide response of selected populations of *Galium aparine*. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1015-1022.

HILL, A.L.; COURTNEY, A.D.; HARVEY, B.M.R. (1996): An assessment of the possible reasons for differential tolerance to fluroxypyr in selected populations of *Galium aparine*. Weed Research, 36, 15-20.

HIRDINA, F. (1959): Beiträge zur Biologie und Bekämpfung des Klettenlabkrautes (*Galium aparine* L.). Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 109, 173-197.

HOCK, B.; FEDTKE, C.; SCHMIDT, R.R. (1995): Herbizide - Entwicklung, Anwendung, Wirkungen, Nebenwirkungen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

HOFMANN, B.; PALLUTT, B. (1989): Untersuchungen zur Bekämpfung von *Galium aparine* L. mit SYS 67 Gebifan, SYS 67 Gebifan + Basagran sowie Tankmischungen dieser Herbizide mit bercema-Bitosen N bzw. Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung in Winterweizen. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutzdienst der DDR, 43, 180-183.

HOLM, L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P.; PLUCKNETT, D.L. (1979): A geographical atlas of world weeds. John Wiley and sons, New York.

HOLZNER, W. (1981): Ackerunkräuter - Bestimmung, Verbreitung, Biologie und Ökologie. Leopold Stocker Verlag, Graz.

JÜTTERSONKE, B. (1998): Untersuchungen zur Reaktionsvariabilität von *Amaranthus retroflexus* L. auf Maßnahmen im integrierten Pflanzenschutz. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XVI, 99-103.

JÜTTERSONKE, B.; ARLT, K. (1992): Die intraspezifische Struktur von Unkrautarten in Beziehung zur Herbizidresistenz. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XIII, 475-481.

KEES, H.; REINERT, U. (1989): Keimung und Entwicklung des Klettenlabkrauts in Winterweizen und Erfahrungen mit unterschiedlichen Herbizidanwendungsterminen. Gesunde Pflanzen, 41:2, 52-55.

KLAASSEN, H.; SCHÖNHAMMER, A.; MENCK, B.-H. (1988): Einsatz von Bentazon und Kombinationen in Erbsen, Ackerbohnen, Soja und Flachs. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XI, 447-454.

KLIPHUIS, E. (1962): Cytotaxonomical studies on the genus *Galium*. A preliminary report. Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. Biol. Med. Sci. C., 65, 279-285.

KOCH, G.; JUNG, C. (1997): Phylogenetic relationships of industrial chicory varieties revealed by RAPDs and AFLPs. Agronomie, 17: 6-7, 323-333.

KOCH, W. (1969): Einfluss von Umweltfaktoren auf die Samenphase annueller Unkräuter. Arbeiten der Universität Hohenheim, Bd. 50, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

KOCH, W. (1970): Unkrautbekämpfung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

KOCH, W.; HURLE, K. (1978): Grundlagen der Unkrautbekämpfung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

LEBARON, H.M. (1991): Distribution and seriousness of herbicide-resistant weed infestations worldwide. In: Herbicide Resistance in Weeds and Crops. J.C. Caseley, G.W. Cussans, R.K. Atkin (eds.), Verlag Butterworth-Heinemann, Oxford, 27-43.

LEMBCKE, G. (1979): Bedeutung und Bekämpfung von *Galium aparine* L. im Bezirk Schwerin. In: „Bedeutung, Verbreitung, Biologie und Bekämpfung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten“; Tagungsbericht. VEB Synthesewerk Schwarzheide, Kombinat SYS, 80-84.

LOPEZ-MARTINEZ, N.; DE PRADO, R.; FINCH, R.P.; MARSHALL, G. (1995): A molecular assessment of genetic diversity in *Echinochloa* spp. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 445-449.

LOVEGROVE, A.W.; LUTMAN, P.J.W.; THORNTON, M.E. (1985): Investigations into the control of cleavers (*Galium aparine*) with several pre- and post-emergence herbicides in winter cereals. Aspects of Applied Biology, 9, 205-211.

LUTMAN, P.J.W.; DIXON, F.L.; LOVEGROVE, A.W. (1987): The influence of dose and date of application on the control of cleavers (*Galium aparine*) with mecoprop and fluroxypyr alone and in mixture with ioxynil + bromoxynil. British Crop Protection Conference – Weeds, 421-428.

LUTMAN, P.J.W.; HEATH, C.R. (1990): Variations in the resistance of *Stellaria media* to mecoprop due to biotype, application method and 1-aminobenzotriazole. Weed Research, 30 ,129-137.

LUTMAN, P.J.W.; LOVEGROVE, A.W. (1985): Variations in the tolerance of *Galium aparine* (cleavers) and *Stellaria media* (chickweed) to mecoprop. British Crop Protection Conference - Weeds, 411-418.

LUTMAN, P.J.W.; THORNTON, M.E.; LOVEGROVE, A.W. (1988): Control of *Galium aparine* (cleavers) in winter cereals with mecoprop alone or with ioxynil plus bromoxynil. Weed Research, 28, 331-338.

MAAS, G. (1971): Über den Einfluss der Sorptionskapazität des Bodens auf die Wirkung von Mecoprop gegen *Galium aparine* L. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, H. 142, 165.

MAHN, E.-G. (1987): Bedeutung anthropogenen Einflusses auf Entwicklungszyklus und Stoffproduktion bei annuellen Arten. Wissenschaftliche Zeitschrift, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, XXXVI, H. 3, 61-68.

MALIK, N.; VANDEN BORN, W.H. (1987a): Growth and development of false cleavers (*Galium spurium* L.). Weed Science, 35, 490-495.

MALIK, N.; VANDEN BORN, W.H. (1987b): False cleavers (*G. spurium* L.) competition and control in rapeseed. Canadian Journal of Plant Science, 67, 839-844.

MALIK, N.; VANDEN BORN, W.H. (1988): The biology of Canadian weeds. *G. aparine* L. and *G. spurium* L. Canadian Journal of Plant Science, 68, 481-499.

MEIKLE, A.; FINCH, R.P.; MARSHALL, G. (1995): Genetic diversity in susceptible and herbicide resistant S*inapis arvensis*. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 439-444.

MICHEL, A.; HAAS, H.U.; HURLE, K. (1997): RAPD-PCR based differentiation of herbicide resistant *Amaranthus retroflexus*. 10th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, Poznan, 27.

MICHEL, A.; PETERSEN, J.; DOGAN, M.N.; ERNST, V. (1999): Anleitung zur Anlage und Auswertung von Versuchen zur Erstellung quantitativer Dosis-Wirkungsbeziehungen am Beispiel der Wirksamkeit von Herbiziden. Gesunde Pflanzen, 51:1, 10-19.

MIDDLETON, L. (1998): Lotus - closing the gap in cleaver control in cereals. Agronomist, 3, 10-13.

MILLER, A.C.E. (1995): Molecular ecology in weed science – the story so far. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 423-432.

MITCHELSON, K.R.; KNOX, O.; CHENG, J. (1995): Molecular markers for genetic diversity in cleavers (*Galium aparine*). Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 451-458.

MOORE, R.J. (1975): The *Galium aparine* complex in Canada. Canadian Journal of Botany, 53, 877-893.

MÖRCHEN, G. (1965): Wuchsformen heimischer *Rubiaceen*. Sonderdruck aus „Hercynia", Bd. 2, 352-379. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.-G., Leipzig.

MORELL, M.K.; PEAKALL, R.; APPELS, R.; PRESTON, L.R.; LLOYD, H.L. (1995): DNA profiling techniques for plant variety identification. Australian Journal of Experimental Agriculture, 35, 807-819.

MÜLLVERSTEDT, R. (1963): Untersuchungen über die Keimung von Unkrautsamen in Abhängigkeit vom Sauerstoffpartialdruck. Weed Research, 3, 154-163.

MÜLLVERSTEDT, R. (1975): Die Bedeutung von *Galium aparine* nach Pflanzenzahl und Zeitpunkt der Bekämpfung für die Ertragsbildung bei Winterweizen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. VII, 31-33.

NEI, M.; LI, W.-H. (1979): Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proceedings of the National Academy of Science, USA, 76, 5269-5273.

NIEMANN, P. (1988): Zur Variabilität des Kletten-Labkrauts (*Galium aparine*). Gesunde Pflanzen, 40:9, 368-373.

NIETHAMMER, A. (1928): Stimulationsprobleme im Zusammenhang mit den inneren Faktoren, die die Keimung bedingen. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 16, 267-315.

NUYKEN, W.O.; LANDES, M.; GERBER, M. (1999): New possibilities for efficient *Galium* control in cereals with cinidon-ethyl. 11th EWRS (European Research Society) Symposium, Basel, 149.

ORLANDO, D.; GLORIA, C.; RAMEAU, C.; CITRON, G. (1993): Adaptation of the dose rate of herbicides on cereals in France. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1205-1210.

ORSON, J.H. (1985): Control of *Galium aparine* in cereals with herbicides - Agricultural Development and Advisory Service results, harvest years 1983 and 1984. Aspects of Applied Biology, 9, 213-220.

PANK, F. (1979): Probleme der Klebkrautbekämpfung bei Arznei- und Gewürzpflanzen. In: „Bedeutung, Verbreitung, Biologie und Bekämpfung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten"; Tagungsbericht. VEB Synthesewerk Schwarzheide, Kombinat SYS, 77-79.

PERKOW, W. (1993): Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Bd. 2, 3. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin.

PÖTTER, U.; KLOPFER, K. (1987): Untersuchungen zur Blatt- und Blütenentwicklung bei *Galium aparine* L. (*Rubiaceae*). Flora, 179, 305-314.

RADEMACHER, B. (1948): Gedanken über Begriff und Wesen des “Unkrauts“. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 55, 3-10.

RAUBER, R. (1977): Evolution von Unkräutern. Zeitschrift für Pflanzenkranheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. VIII, 37-55.

RAUH, W.; SENGHAS, K. (1988): Schmeil Fitschen. Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. 88. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden.

RODER, W.; EGGERT, H.; KALMUS, A. (1990): Zum Vorkommen und zur Schadwirkung des Kletten-Labkrautes, *Galium aparine* L., in Getreidebeständen. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, 44:11, 253-256.

RÖTTELE, M.A. (1980): Populationsdynamik des Klettenlabkrautes (*Galium aparine* L.). Dissertation Universität Hohenheim.

RUTISHAUSER, R. (1984): Blattquirle, Stipeln und Kolleteren bei den *Rubieae* (*Rubiaceae*) im Vergleich mit anderen Angiospermen. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 59, 375-424.

SAIKI, R.K.; GELFAND, D.H.; STOFFEL, S.; SCHARF, S.J.; HIGUCHI, R.; HORN, G.T.; MULLIS, K.B.; ERLICH, H.A. (1988): Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. Science, 239, 487-491.

SANDERS, G.E.; THOMPSON, L.M.; PALLETT, K.E. (1985): The influence of morphology of *Galium aparine* on the uptake and movement of clopyralid and fluroxypyr. British Crop Protection Conference – Weeds, 419-426.

SANSOME, G. (1989): Factors affecting the control of *Galium aparine* (cleavers) in winter wheat in early and late spring. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 119-124.

SCHELTRUP, F.; GROSSMANN, K. (1996): Wie wirkt Quinmerac? - Auf den Spuren eines neuen, selektiven Herbizids. Gesunde Pflanzen, 48:2, 49-54.

SCHMIDT, R.R. (1972): Die Bekämpfung von *Galium aparine* mit Mecoprop in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenarten. Weed Research, 12, 174-181.

SCHMIDT, A.; HAAS, H.U.; GEHRING, K.; HURLE, K. (2001): Genetische Diversität in *Alopecurus myosuroides* Huds. Pflanzenschutzberichte, 59, 2, 21-27.

SCHWERDTLE, F. (1994): Das Fotokopieren von Pflanzen und Pflanzenteilen (Phytokopie) als Hilfsmittel in der allgemeinen und angewandten Botanik. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XIV, 157-165.

SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; FUERST, E.P. (1995): Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. Weed Technology, 9, 218-227.

SIEBERHEIN, K. (1979a): Bedeutung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten. In: „Bedeutung, Verbreitung, Biologie und Bekämpfung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten“; Tagungsbericht. VEB Synthesewerk Schwarzheide, Kombinat SYS, 9-21.

SIEBERHEIN, K. (1979b): Die Bekämpfung von Klebkraut-Arten in Getreide. In: „Bedeutung, Verbreitung, Biologie und Bekämpfung von auf Ackerland vorkommenden Klebkraut-Arten“; Tagunsbericht. VEB Synthesewerk Schwarzheide, Kombinat SYS, 52-62.

SIEBERHEIN, K.; KROSS, G.; SEEVER, H. (1977): Zum Applikationstermin von SYS-Herbiziden bei der Bekämpfung von Klebkraut (*Galium aparine* L.) in Winterweizen. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutzdienst, 31, 51-57.

SJÖSTEDT, A.S. (1959): Germination biology of cleavers, *Galium aparine* L. Vaxtodling, 10, 87-105.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. (1973): Numerical taxonomy. Freeman and Company, San Francisco, CA.

SNEL, M.; SCHREYER, A.; SCHLOTTER, P.; BUND, B. (1988): Starane 180 für Winter- und Sommergetreide. Ein Nachauflaufherbizid zur selektiven Bekämpfung breitblättriger Unkräuter, insbesondere von *Galium aparine*. Gesunde Pflanzen, 40:3, 117-122.

STREIBIG, J.C. (1988): Herbicide bioassay. Weed Research, 28, 479-484.

STREIBIG, J.C.; KUDSK, P. (1993): Herbicide bioassays. CRC-Press, Boca Raton.

STREIBIG, J.C.; WALKER, A.; BLAIR, A.M.; ANDERSON-TAYLOR, G.; EAGLE, D.J.; FRIEDLÄNDER, H.; HACKER, E.; IWANZIK, W.; KUDSK, P.; LABHART, C.; LUSCOMBE, B.M.; MADAFIGLIO, G.; NEL, P.C.; PESTEMER, W.; RAHMAN, A.; RETZLAFF, G.; ROLA, J.; STEFANOVIC, L.; STRAATHOF, H.J.M.; THIES, E.P. (1995): Variability of bioassays with metsulfuron-methyl in soil. Weed Research, 35, 215-224.

TAYLOR, K. (1999): *G. aparine* L. Journal of Ecology, 87, 713-730.

TERZI, V.; PECCHIONI, N.; FACCIOLI, P.; JARADAT, A.A. (1998): Development and applications of molecular markers for genetic variation studies in the Triticeae. Triticeae III. Proceedings of the Third International Triticeae Symposium, Aleppo, Syria, 151-154.

THILL, D.C.; MALLORY-SMITH, C.A.; SAARI, L.L.; COTTERMAN, J.C.; PRIMIANI, M.M. (1991): Sulfonylurea herbicide-resistant weeds: Discovery, distribution, biology, mechanism and management. In: Herbicide Resistance in Weeds and Crops. J.C. Caseley, G.W. Cussans, R.K. Atkin (eds.), Verlag Butterworth-Heinemann, Oxford, 115-128.

TOMLIN, C. (1995): The pesticide Manual. 10th ed., British Crop Protection Council, Farnham.

TOTTMAN, D.R.; ORSON, J.H.; GREEN, M.C.E. (1987): The influence of weather on the performance of fluroxypyr and mecoprop against cleavers (*Galium aparine*). British Crop Protection Conference – Weeds, 129-136.

TOTTMAN, D.R.; STEER, P.M.; ORSON, J.H.; GREEN, M.C.E. (1989): The effect of weather conditions in three seasons on the control of *Galium aparine* (cleavers) in winter wheat with fluroxypyr ester and mecoprop salt. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 125-130.

TURESSON, G. (1924): The plant species in relation to habitat and climate. Contributions to the knowledge of genecological units. Hereditas, V, 147-236.

TURESSON, G. (1928): Zur Natur und Begrenzung der Arteinheiten. Hereditas, XI, 323-333.

TUTIN, T.G.; HEYWOOD, V.H.; BURGES, N.A.; MOORE, D.M.; VALENTINE, D.H.; WALTERS, S.M.; WEBB, D.A. (1976): Flora Europaea. Volume 4, *Plantaginaceae* to *Compositae* (and *Rubiaceae*), Cambridge University Press.

VAN DER WEIDE, R.Y. (1992): Phenology of arable and hedgerow populations of *Galium aparine* L. in relation to climate and soil conditions. Weed Research, 32, 249-258.

WALTER, H.; RETZLAFF, G.; BERGHAUS, R.; LANDES, M. (1994): Einflussfaktoren auf die Wirkung von Quinmerac und Quinmerac-haltigen Kombinationsprodukten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderh. XIV, 583-594.

WARD, H.H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal Am. Stat. Ass., 56, 236-244.

WARWICK, S.I. (1991): The influence of intraspecific variation on the biology and control of agricultural weeds. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 997-1006.

WARWICK, S.I.; MARRIAGE, P.B. (1982): Geographical variation in populations of *Chenopodium album* resistant and susceptible to atrazine. II. Photoperiod and reciprocal transplant studies. Canadian Journal of Botany, 60, 494-504.

WEBER, E.; SCHMID, B. (1998): Latitudinal population differentiation in two species of *Solidago* (*Asteraceae*) introduced into Europe. American Journal of Botany, 85:8, 1110-1121.

WEILER, L.D. (1975): Ein Beitrag zur Verbreitung von *G. spurium* in Süd- und Mittelhessen. Gesunde Pflanzen, 27, 222.

WEST, T.M. (1995): Response of *Galium aparine* at two growth stages to postemergence treatments with the herbicide amidosulfuron. Tests of Agrochemicals and Cultivars 16, Annals of applied Biology, 126 (Supplement).

WIEDERSHEIM, W. (1912): Das Klettenlabkraut. Arb. Dt. Landw. Ges., Berlin, H. 203, 7-29.

WILEN, C.A.; HOLT, J.S.; ELLSTRAND, N.C.; SHAW, R.G. (1995): Genotypic diversity of kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*) populations in California. Weed Science, 43:2, 209-214.

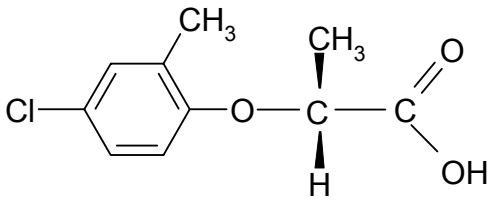
WILLIAMS, J.G.K.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. (1990): DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Research, 18, 6531-6535.

9 Anhang

Chemische Struktur der in den Versuchen eingesetzten Wirkstoffe

Mecoprop-P

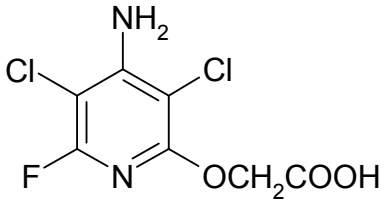
(R)-2-(4-Chlor-o-tolyloxy)propionsäure (IUPAC),
(+)-2-(4-Chlor-2-methylphenoxy)propionsäure (IUPAC, CA)



Summenformel: $C_{10}H_{11}ClO_3$, Molare Masse: 214,65

Fluroxypyr

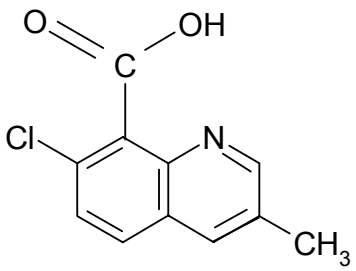
4-Amino-3,5-dichlor-6-fluor-2-pyridinyloxyessigsäure (IUPAC),
(4-Amino-3,5-dichlor-6-fluor-2-pyridinyl)oxyessigsäure (CA)



Summenformel: $C_7H_5Cl_2FN_2O_3$, Molare Masse: 255,0

Quinmerac

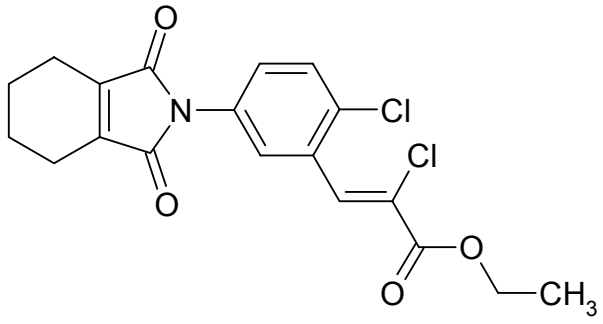
7-Chlor-3-methylquinolin-8-carbonsäure (IUPAC),
7-Chlor-3-methyl-8-quinolincarbonsäure (CA)



Summenformel: $C_{11}H_8ClNO_2$, Molare Masse: 221,63

Cinidon-ethyl

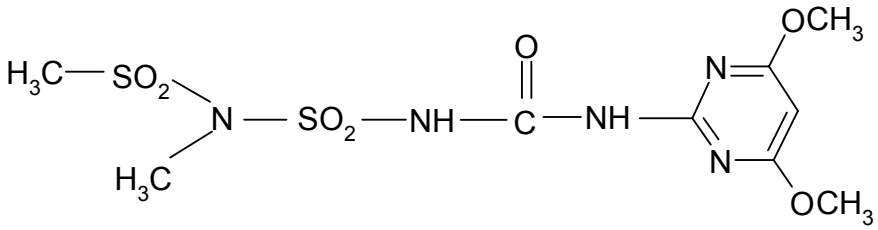
cis-Ethyl-2-chloro-3-[2-chloro-5-(1,3,4,5,6,7-hexahydro-1,3-dioxo-2H-iso-indol-2-yl)-phenyl]-2-prop-enoate



Summenformel: $C_{19}H_{17}Cl_2NO_4$, Molare Masse: 394,25

Amidosulfuron

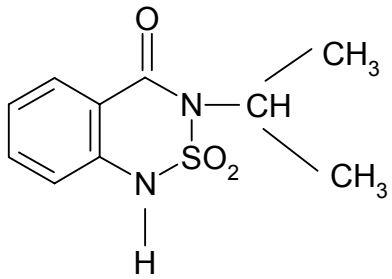
3-(4,6-Dimethoxypyrimidin-2-yl)-1-(N-methyl-N-methylsulfonyl-aminosulfonyl)harnstoff (IUPAC)



Summenformel: $C_9H_{15}N_5O_7S_2$, Molare Masse: 369,41

Bentazon

3-Isopropyl-(1H)-benzo-2,1,3-thiadiazin-4-on2,2-dioxid (IUPAC)
3-(1-Methylethyl)-(1H)-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-on2,2-dioxid (CA)



Summenformel: $C_{10}H_{12}N_2O_3S$, Molare Masse: 240,28

Feldhistorien der untersuchten Herkünfte

Herkunft B1				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	IP 50; 2,5 l/ha Harmony; 50 g/ha Starane 180; 1 l/ha	Isoproturon (50 g/l) Thifensulfuron-methyl (750 g/kg) Fluroxypyr (180 g/l)	Harnstoff Sulfonylharnstoff Pyridyloxyessigsäure
1994	Kartoffeln	Defi; 5 l/ha Patoran FL; 2 l/ha	Prosulfocarb (800 g/l) Metobromuron (500 g/l)	Thiocarbamat Harnstoff
1993	Zuckerrüben	Fiesta; 5 l/ha Betanal Progress; 1,5 l/ha Goltix WG; 0,5 kg/ha	Quinmerac (50 g/l), Chloridazon (400 g/l) Phenmedipham (62 g/l), Desmedipham (16 g/l), Ethofumesat (128 g/l) Metamitron (700 g/kg)	Chinolincarbonsäure Pyridazinon Phenylcarbamat Phenylcarbamat Benzofuran Triazinon
1992	Gerste	AZ; 0,2 l/ha Starane 180; 1 l/ha Defi; 5 l/ha Duplosan KV; 1,5 l/ha	Isoxaben (500 g/l) Fluroxypyr (180 g/l) Prosulfocarb (800 g/l) Mecoprop-P (600 g/l)	Benzamid Pyridincarbonsäure Thiocarbamat Phenoxycarbonsäure
1991	Weizen	Starane 180; 1 l/ha Tribunil; 4 kg/ha	Fluroxypyr (180 g/l) Methabenzthiazuron (700 g/kg)	Pyridyloxyessigsäure Harnstoff
1990	Kartoffeln	Racer; 2 l/ha Patoran FL; 2 l/ha Sencor WG; 0,3 kg/ha	Flurochloridon (250 g/l) Metobromuron (500 g/l) Metribuzin (700 g/kg)	Pyrrolidon Harnstoff Triazinon

Herkunft B2				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	Ally; 20 g/ha Starane 180; 0,7 l/ha	Metsulfuron-methyl (200 g/kg) Fluroxypyr (180 g/l)	Sulfonylharnstoff Pyridyloxyessigsäure
1994	Kartoffeln	Defi; 4 l/ha Sencor WG; 0,5 kg/ha	Prosulfocarb (800 g/l) Metribuzin (700 g/kg)	Thiocarbamat Triazinon
1993	Winterweizen	Defi; 2 l/ha Harmony M; 50 g/ha Starane 180; 0,7 l/ha	Prosulfocarb (800 g/l) Thifensulfuron-methyl (682 g/kg), Metsulfuron-methyl (68 g/kg) Fluroxypyr (180 g/l)	Thiocarbamat Sulfonylharnstoff Sulfonylharnstoff Pyridyloxyessigsäure
1992	Zuckerrüben	Fiesta; 5 l/ha Betanal; 1,5 l/ha Tramat; 1 l/ha	Quinmerac (50 g/l), Chloridazon (400 g/l) Phenmedipham (157 g/l) Ethofumesat (200 g/l)	Chinolincarbonsäure Pyridazinon Phenylcarbamat Benzofuran
1991	Bohnen	Patoran FL; 4 l/ha Basagran; 1 l/ha	Metobromuron (500 g/l) Bentazon (480 g/l)	Harnstoff Benzothiadiazinon
1990	Kartoffeln	3 x Sencor WG; 0,35 kg/ha	Metribuzin (700 g/kg)	Triazinon

Herkunft E1				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Raps	Butisan S; 1,5 l/ha	Metazachlor (500 g/l)	Chloracetamid
1994	Wintergerste	Starane 180; 0,75 l/ha	Fluroxypyr (180 g/l)	Pyridyloxyessigsäure
1993	Winterweizen	Starane 180; 0,75 l/ha	Fluroxypyr (180 g/l)	Pyridyloxyessigsäure

Herkunft F1	
Jahr	Kultur
1995	Weizen
1994	Erbsen
1993	Wintergerste
1992	Weizen
1991	Zuckerrüben

Herkunft F2				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Weizen	Belgran; 4 l/ha	Ioxynil (62 g/l), Isoproturon (300 g/l), Mecoprop (146 g/l)	Hydroxybenzonitril Harnstoff Phenoxycarbonsäure
1994	Kartoffeln	Challenge; 4 l/ha	Aclonifen (600 g/l)	Diphenylether
1993	Weizen	Belgran; 4 l/ha	Ioxynil (62 g/l), Isoproturon (300 g/l), Mecoprop (146 g/l)	Hydroxybenzonitril Harnstoff Phenoxycarbonsäure

Herkunft F6	
Jahr	Kultur
1995	Weizen
1994	Erbsen
1993	Weizen
1992	Zuckerrüben
1991	Weizen
1990	Mohn

Herkunft F4				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	Ovation; 1,5 l/ha Gratil; 15 g/ha	Isoproturon (400 g/l), Flupoxam (50 g/l) Amidosulfuron (750 g/kg)	Harnstoff Triazolcarboxamid Sulfonylharnstoff
1994	Raps	Colzor; 3,5 l/ha	Tebutam (600 g/l), Clomazone (20 g/l)	Benzamid Isoxazolidinon
1993	Sommergerste	IPU 500; 1 l/ha	Isoproturon (500 g/l)	Harnstoff
1992	Zuckerrüben	4 x Goltix WG; 0,3 kg/ha + Boxer; 0,3 l/ha + Venzar; 0,15 kg/ha	Metamitron (700 g/kg) Prosulfocarb (800 g/l) Lenacil (800 g/kg)	Triazinon Thiocarbamat Uracil
1991	Winterweizen	IPU 500; 2 l/ha	Isoproturon (500 g/l)	Harnstoff
1990	Erbsen	Tribunil; 2 kg/ha Challenge; 3,5 l/ha	Methabenzthiazuron (700 g/l) Aclonifen (600 g/l)	Harnstoff Diphenylether

Herkunft F5				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	IPU 500; 2 l/ha	Isoproturon (500 g/l)	Harnstoff
1994	Kartoffeln	Challenge; 3 l/ha Sencor WG; 0,35 kg/ha	Aclonifen (600 g/l) Metribuzin (700 g/kg)	Diphenylether Triazinon
1993	Winterweizen	IPU 500; 2 l/ha	Isoproturon (500 g/l)	Harnstoff
1992	Erbsen	Winner; 4 kg/ha	Neburon (400 g/kg), Flurochloridon (50 g/kg)	Harnstoff Pyrrolidon
1991	Zuckerrüben	4 x Boxer; 0,3 l/ha + Goltix; 0,3 kg/ha + Venzar; 0,1 kg/ha	Prosulfocarb (800 g/l) Metamitron (700 g/kg) Lenacil (800 g/kg)	Thiocarbamat Triazinon Uracil
1990	Sommergerste	IPU 500; 1 l/ha	Isoproturon (500 g/l)	Harnstoff

Herkunft DK1				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	Ally; 20 g/ha Herbaprop ES 500; 1,2 l/ha Tolkan; 2 l/ha Starane 180; 0,6 l/ha	Metsulfuron-methyl (200 g/kg) Mecoprop (500 g/kg) Isoproturon (500 g/kg) Fluroxypyr (180 g/kg)	Sulfonylharnstoff Phenoxycarbonsäure Harnstoff Pyridyloxyessigsäure
1994	Erbsen	Basagran MCPA; 2 l/ha Stomp SC; 1,5 l/ha	Bentazon (250 g/l), MCPA (125 g/l) Pendimethalin (400 g/l)	Benzothiadiazinon Phenoxycarbonsäure Dinitroanilin
1993	Winterraps	Kerb; 1 l/ha	Propyzamid (500 g/l)	Benzamid
1992	Wintergerste	Mylone Power; 1,5 l/ha	Mecoprop (480 g/l), Ioxynil (160 g/l)	Phenoxycarbonsäure Hydroxybenzonitril

Herkunft DK2				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	Ally; 20 g/ha Herbaprop ES 500; 1,2 l/ha Starane 180; 0,6 l/ha	Metsulfuron-methyl (200 g/kg) Mecoprop (500 g/l) Fluroxypyr (180 g/l)	Sulfonylharnstoff Phenoxycarbonsäure Pyridyloxyessigsäure
1994	Erbsen	Basagran MCPA; 2 l/ha Stomp SC; 1,5 l/ha	Bentazon (250 g/l), MCPA (125 g/l) Pendimethalin (400 g/l)	Benzothiadiazinon Phenoxycarbonsäure Dinitroanilin
1993	Winterweizen	Ally; 20 g/ha Starane 180; 0,6 l/ha	Metsulfuron-methyl (200 g/kg) Fluroxypyr (180 g/l)	Sulfonylharnstoff Pyridyloxyessigsäure
1992	Winterweizen	Herbalon 620; 3 l/ha	Mecoprop (400 g/l), MCPA (200 g/l), Clopyralid (21,5 g/l)	Phenoxycarbonsäure Phenoxycarbonsäure Pyridincarbonsäure

Herkunft DK3				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Winterweizen	Mylone Power; 0,6 l/ha Tolkan; 3,5 l/ha Starane 180; 0,6 l/ha	Mecoprop (480 g/l), Ioxynil (160 g/l) Isoproturon (500 g/l) Fluroxypyr (180 g/l)	Phenoxycarbonsäure Hydroxybenzonitril Harnstoff Pyridyloxyessigsäure
1994	Winterweizen	Tolkan; 3,5 l/ha Starane 180; 0,5 l/ha	Isoproturon (500 g/l) Fluroxypyr (180 g/l)	Harnstoff Pyridyloxyessigsäure
1993	Zuckerrüben	Goltix WG; 2,5 kg/ha Betanal Progress; 1 l/ha Herbasan; 3 l/ha Ethosan; 0,6 l/ha	Metamitron (700 g/kg) Phenmedipham (62 g/l), Desmedipham (16 g/l), Ethofumesat (128 g/l) Phenmedipham (160 g/l) Ethofumesat (500 g/l)	Triazinon Phenylcarbamat Phenylcarbamat Benzofuran Phenylcarbamat Benzofuran
1992	Winterweizen	Mylone Power; 2,15 l/ha Express; 10 g/ha Starane Mixer; 0,2 l/ha MCPA; 1 l/ha	Mecoprop (480 g/l), Ioxynil (160 g/l) Tribenuron-methyl (500 g/kg) Fluroxypyr (250 g/l) MCPA (750 g/l)	Phenoxycarbonsäure Hydroxybenzonitril Sulfonylharnstoff Pyridyloxyessigsäure Phenoxycarbonsäure

Herkunft K				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Weizen	kein Einsatz		
1994	Ölraps	Butisan S; 3 l/ha	Metazachlor (500 g/l)	Chloracetamid
1993	Weizen	Dicuran forte; 1,5 kg/ha	Triasulfuron (7,5 g/kg), Chlortoluron (790 g/kg)	Sulfonylharnstoff Harnstoff
1992	Mais	Primextra; 5 l/ha	Metolachlor (330 g/l), Atrazin (162 g/l)	Chloracetamid Triazin
1991	Zuckerrüben	Pyramin WG; 2 kg/ha Dual 500; 2 l/ha Goltix WG; 2 kg/ha Betanal AM; 2 l/ha	Chloridazon (650 g/kg) Metolachlor (500 g/l) Metamitron (700 g/kg) Desmedipham (157 g/l)	Phenylcarbamat Chloracetamid Triazinon Phenylcarbamat
1990	Gerste	Dicuran forte; 1,5 kg/ha	Triasulfuron (7,5 g/kg), Chlortoluron (790 g/kg)	Sulfonylharnstoff Harnstoff

Herkunft R (*G. spurium*)				
Jahr	Kultur	Handelsprodukt; Aufwandmenge	Wirkstoff	Wirkstoffgruppe
1995	Kartoffeln	kein Einsatz		
1994	Winterweizen	Dialen; 2 l/ha	2,4-D (351 g/l), Dicamba (24 g/l)	Phenoxycarbonsäure Benzoesäure
1993	Erbsen	Basagran; 3 l/ha	Bentazon (480 g/l)	Benzothiadiazinon
1992	Gerste	2,4-D; 2 l/ha	2,4-D (500 g/l)	Phenoxycarbonsäure
1991	Futtergerste	kein Einsatz		
1990	Winterweizen	2,4-D; 2 l/ha	2,4-D (500 g/l)	Phenoxycarbonsäure

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. K. Hurle danke ich für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. R. Schultze-Kraft und Herrn Prof. Dr. R. Böcker danke ich für die Begutachtung der Arbeit.

Bei den Angehörigen des Institutes für Phytomedizin - insbesondere des Fachgebietes Herbologie - bedanke ich mich für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Versuche, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat sowie für ihre Freundschaft.

Mein besonderer Dank gilt Frau C. Schilke, die mir stets tatkräftig bei der Durchführung der Versuche half sowie Herrn Dr. A. Michel für seine Hilfe und ständige Diskussionsbereitschaft.

Ebenso bedanke ich mich bei den damaligen wissenschaftlichen Hilfskräften C. Hapke, E. Sprich und C. Blum für ihre Hilfe im Gewächshaus und in der Vegetationshalle.

Frau G. Moll danke ich für die Anfertigung von Fotografien.

Herrn Dr. H. Walter, BASF AG, danke ich für die finanzielle Unterstützung der Arbeit, das *G. aparine*-Samenmaterial sowie für die Nutzung der Gewächshäuser der BASF AG.

Herrn Dr. M. Gerber, BASF AG, und seinem Team danke ich für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Herbizidversuche.

Bei Herrn H. Bendel, BASF AG, und seinem Team bedanke ich mich für die Hilfe bei der Durchführung und Betreuung der Herbizidversuche.