

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 114 (1963)

Heft: 4

Artikel: Zur Verwendung von Herbiziden in der Forstwirtschaft

Autor: Keller, T. / Surber, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765339>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Verwendung von Herbiziden in der Forstwirtschaft

Von *Th. Keller* und *E. Surber*, Birmensdorf Oxf. 232.325.24 : 236.1

1. Allgemeine Wirkungsweise (Keller)
2. Beschreibung und Chemismus einiger Mittel (Keller)
3. Einwirkungen auf die Umwelt der Pflanze (Keller)
4. Einsatzmöglichkeiten im Forstgarten (Surber)
5. Einsatzmöglichkeiten in der Bestandesverjüngung und -pflege (Keller)

Der letzte Weltkrieg und die seitherigen Jahre haben einen gewaltigen Aufschwung der chemischen Industrien gezeigt, und die Flut ihrer Erzeugnisse dringt unaufhaltsam in alle Gebiete unseres Lebens und Lebensraumes vor und hat auch nicht vor dem Waldrand Halt gemacht. Die Verwendung von Chemikalien ist zu einem Kennzeichen der modernen Forstwirtschaft geworden. Die zunehmende Verknappung der Arbeitskräfte, welche dazu zwingt, nach rationelleren Arbeitsmethoden zu suchen, hat dem Vormarsch der Chemikalien einen kräftigen Auftrieb gegeben, denn der Verwendung chemischer Produkte haftet sehr oft der Ruf der Wirtschaftlichkeit an. Dies gilt auch für die chemischen Unkrautvergilungsmittel. Landwirtschaft und Gartenbau bedienen sich ja schon seit längerer Zeit dieser Hilfsmittel, und auf dem Markte, besonders im Auslande, ist bereits eine fast erschreckende Vielfalt von Herbiziden erhältlich, der man sich anfänglich etwas hilflos gegenübergestellt sieht. Immerhin wirkt, mindestens noch vorderhand, der hohe Preis mancher Mittel nicht nur ernüchternd, sondern auch auslesend. Da es sich bei den Herbiziden aber um Mittel handelt, welche in das Leben der Natur eingreifen, dürfen biologische Beweggründe keinesfalls hinter den finanziellen Überlegungen zurückstehen. Rationelle Methoden können rücksichtslos sein. Eine Vergewaltigung der Natur rächt sich aber, auf lange Sicht gesehen, immer. Wenn wir zu einem Pflanzengift als Hilfsmittel greifen wollen, müssen wir uns der ihm innewohnenden Gefahren bewußt sein. Erst wenn wir das Hilfsmittel kennen, können wir es richtig einsetzen. Wir wollen uns im Folgenden daher mehr den biologischen als den wirtschaftlichen Aspekten der Herbizide zuwenden.

Die Versuchsanstalt wurde im Zusammenhang mit den Versuchsflächen in der Kastanienzone und dem Personalmangel in den Forstgärten dazu geführt,

sich mit dem Herbizidproblem zu befassen. Eine lange Vegetationsperiode mit grossen Niederschlagsmengen und hoher Mitteltemperatur erlauben der Vegetation üppigstes Gedeihen. Dies gilt aber nicht nur für Forstpflanzen, sondern fast noch in vermehrtem Maße für die sogenannten Unkräuter, vor allem Adlerfarn, Ginster, Pfeifengras, Hasel usw., welche die jungen Heister dermaßen hartnäckig bedrängen, daß wohl nur wenige Individuen und Baumarten der Konkurrenz ohne intensive Pflegemaßnahmen erfolgreich standhalten könnten. In der Folge haben wir einige Herbizide unter tessinischen Bedingungen geprüft. Bevor wir auf die praktischen Erfahrungen eingehen wollen, seien Wirkungsweise und Chemismus kurz beleuchtet.

1. Allgemeine Wirkungsweise

Je nach Gesichtspunkt kann man grundsätzlich unterscheiden zwischen Blattgiften (Abb. 1 links, OB und SB) und Wurzelgiften (Abb. 1 rechts, OW und SW) oder zwischen osmotisch oder ätzend wirkenden Herbiziden, welche die Pflanze von außen her «verbrennen» (Abb. 1 oben, OB und OW), und systemisch wirkenden Herbiziden, welche von der Pflanze aufgenommen werden und sie von innen her vergiften (Abb. 1 unten, SB und SW).

Eine Verbrennung können wir mit jeder konzentrierten Salzlösung erreichen, bekanntlich auch mit Kunstdüngern. Die hohe Salzkonzentration schafft ein Konzentrationsgefälle für Wasser von der Pflanze zur Lösung, das heißt, es wird der Pflanze Wasser entzogen. Kann der erhöhte Wasserverbrauch von den Wurzeln nicht gedeckt werden, so verdorrt die Pflanze. Während die osmotisch wirkenden Mittel jede Pflanze zu beeinträchtigen vermögen, besteht bei den systemisch wirkenden Herbiziden die Voraussetzung, daß der Wirkstoff von der Pflanze aufgenommen und transportiert werden kann. Er muß durch *Cuticula* und *Epidermis* hindurchdiffundieren können oder von den Wurzeln absorbiert werden und nachher mit dem Saft- oder Transpirationsstrom zu den Wirkungsorganen geführt werden. Bei diesen Mitteln spielt die Konzentration der Lösung eine große Rolle: ist die Konzentration zu gering, so kann das Gift nicht genügend wirken und der erhoffte Erfolg bleibt aus; ist die Konzentration dagegen zu groß, so wirkt das Mittel bereits in den Aufnahmeorganen toxisch, die Blätter oder betroffenen Wurzeln sterben ab, bevor das Mittel in der ganzen Pflanze verteilt ist, und die Pflanze treibt mit ihren Reservestoffen neu aus.

In diesem Zusammenhang ist auch das Problem der Selektivität zu erwähnen. Während Radikalmittel, wie zum Beispiel Natriumchlorat, jegliche Vegetation vernichten, so ist bei einigen systemischen Mitteln eine gewisse Selektivität zu beobachten. Herbizide auf der Basis von synthetischen Wuchsstoffen zum Beispiel zeigen eine starke Wirkung gegen dikotyle Pflanzen, während Gräser unbehelligt bleiben. Die «auslesende» Wirkung kann aber verschiedene Ursachen haben:

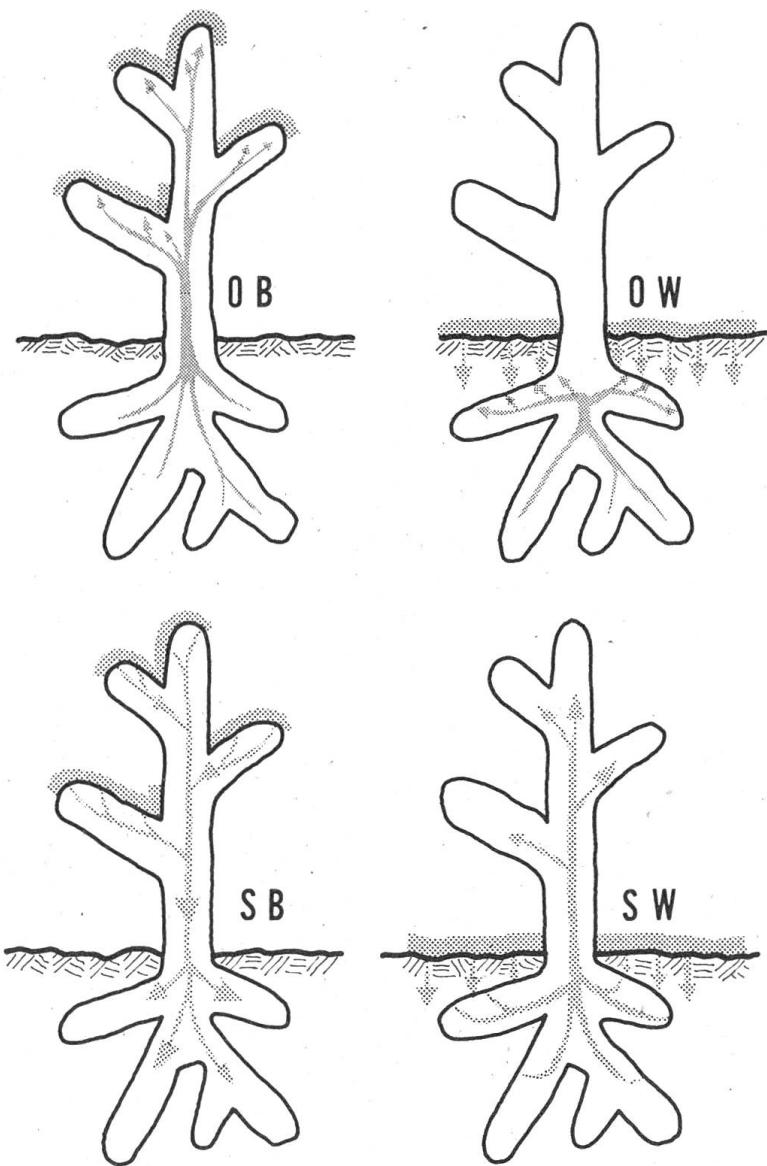


Abbildung 1:

Wirkungsweise der Herbizide. Oben links: osmotisch wirkende Blattgifte;
oben rechts: osmotisch wirkende Wurzelgifte.

Unten links: systemisch wirkende Blattgifte;
unten rechts: systemisch wirkende Wurzelgifte.

1. gewisse Pflanzen sind durch Wachsschichten und ähnliches vor dem Eindringen des Giftes geschützt, da es abperlt;
2. Die Empfindlichkeit der Pflanzen ist je nach Entwicklungszustand jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen;
3. Die Pflanze kann gegen den Wirkstoff immun sein, das heißt, der Wirkstoff vermag den Stoffwechsel nicht zu schädigen (echte Selektivität);
4. der Wirkstoff kann wenig wasserlöslich sein und an der Bodenoberfläche zurückbleiben, oder er kann von Humus- und Tonteilchen absorbiert werden und deshalb gar nicht bis zu den tiefen Pflanzenwurzeln gelangen.

Es ist verständlich, daß die Praxis ein Mittel erhofft, das sicher zwischen «gut» und «böse», das heißt Forstpflanzen und verdämmenden Unkräutern, zu unterscheiden vermag. Hierzu ist leider zu sagen, daß diese Erwartungen noch auf Jahre hinaus zu hoch gesteckt sein dürften, auch wenn zum Beispiel auf dem Gebiete der Pflanzgartenherbizide in der letzten Zeit gewaltige Fortschritte zu verzeichnen sind. Wohl bestehen Unterschiede in der Anfälligkeit der Arten gegenüber einem Unkrautvertilger, aber in allzuvielen Fällen erweist sich das Unkraut als widerstandsfähiger als die Forstpflanzen. Diese müssen sich am neuen Standort ja zuerst zurechtfinden und richtig verwurzeln. Bei jedem Einsatz von Herbiziden ist daher mit größter Vorsicht vorzugehen.

Wir haben vorhin zwischen Wurzel- und Blattgiften unterschieden, und es mag die Frage aufgeworfen werden, welche Vor- und Nachteile diesen Gruppen anhaften. *Wurzelgifte* (zum Beispiel Natriumchlorat, TCA, CMU, Simazin) bedingen in der Regel recht große Aufwandmengen, da ein großes Bodenvolumen durchsetzt werden muß. Sie sollen einerseits wasserlöslich sein, damit sie vom einsickernden Regenwasser in den Wurzelhorizont verfrachtet werden können, anderseits sollten sie nicht zu sehr von Bodenkolloiden absorbiert und unwirksam gemacht werden; eine Ausnahme macht hier das Simazin. Diese Mittel unterliegen jedoch der Gefahr der Verschwemmung: intensive Niederschläge führen sie mit dem Oberflächenabfluß weg, eventuell in benachbarte Kulturen, oder schwemmen sie so tief in den Boden hinein, daß sie nicht mehr auf die Wurzeln einwirken können. Weitere Nachteile liegen darin, daß sie mit Humussäuren Verbindungen eingehen oder von Bodenorganismen abgebaut werden können. Es ist aber auch damit zu rechnen, daß sie die Bodenflora und -fauna ungünstig beeinflussen können, zum Beispiel die wichtigen Mykorrhizapilze oder die zahlreichen Bakterien, welche in den Abbau- und Humifizierungsprozeß der Streue eingreifen. Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, daß sie auch dort als Streumittel eingesetzt werden können, wo kein Wasser zur Verfügung steht.

Wie steht es nun bei den *Blattgiften*? Diese wirken meist schon in recht geringen Dosierungen, da ein direkter Kontakt Pflanze-Wirkstoff stattfindet. Die puffernde Wirkung der Erde fällt dahin, und ungünstige Auswirkungen auf das Edaphon sind weniger zu befürchten als bei den Wurzelgiften, da

nur unbedeutende Mengen in den Boden gelangen. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß man die erwünschten Anteile der Vegetation vom Spritzen einigermaßen verschonen kann. Nachteilig wirkt sich die Wetterabhängigkeit aus. Es soll nur bei gutem Wetter gespritzt werden, da ein rasch folgender Regen den Wirkstoff abwaschen würde. Bei starkem Wind wird der Sprühnebel oder Spritzstrahl verweht. Behandlungen mit Blattgiften setzen beachtliche Wassermengen voraus, außer wenn gesprüht wird.

Die Frage, ob gesprüht, gespritzt oder gestreut werden soll, hängt weitgehend von den lokalen Gegebenheiten ab. Sprühen mit dem Motorrückenstäuber (nur Blattgifte) hat den Vorteil, daß die erforderliche Arbeitszeit erheblich verkürzt wird. Außerdem genügen 200–300 l/ha Flüssigkeit. Nachteilig wirkt sich aus, daß schon leichte Winde den Sprühnebel vertragen, so daß die Behandlung in Kulturen oder in deren Nähe auf einen windstillen Zeitpunkt verschoben werden muß. In Gebieten mit regelmäßigem Berg- und Talwind ist dieses Verfahren daher stark in Frage gestellt.

Beim Spritzen bilden sich wesentlich größere Tröpfchen als beim Sprühen, so daß zu einer guten Benetzung der Pflanze mit der Spritzbrühe eine erheblich größere Flüssigkeitsmenge aufgewendet werden muß. Je nach Unkrautflora und -üppigkeit sind etwa 800–1200 l/ha nötig. Dies bedingt einen wesentlich höhern Zeitbedarf gegenüber dem Sprühen. Da die Konzentration entsprechend gesenkt werden kann, ist die Aufwandmenge an Wirkstoff bei beiden Behandlungsmethoden dieselbe. Das Spritzen setzt gute Zufahrten oder eine ergiebige Wasserversorgung in nächster Nähe voraus.

Streuen (nur Wurzelgifte) wird man in der Regel nur dort, wo Spritzen und Sprühen nicht in Frage kommen, da diese Ausbringungsart die unsicherste ist.

2. Beschreibung und Chemismus einiger Mittel

Da hier nur ein paar der forstlich wichtigsten Herbizide kurz charakterisiert werden können, sei für ausführlichere Angaben auf die Schrift von Burschel und Röhrig (1960) verwiesen.

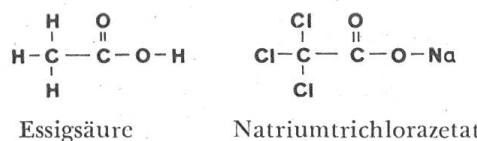
21 Natriumchlorat

Das NaClO_3 ist eines der ältesten Unkrautvertilgungsmittel und schon seit Jahrzehnten als Radikalmittel im Gebrauch. Da es als Blatt- wie auch als Wurzelgift wirkt, kann es gespritzt oder gestreut werden. Es ist ein stark ätzendes Oxydationsmittel und verbrennt die behandelten Pflanzen rasch. Soweit es systemisch aufgenommen wird, stört es vermutlich fermentative Stoffwechselvorgänge.

Ein Hauptnachteil des Chlorats ist neben der hohen Aufwandmenge (100–500 kg/ha) seine große Feuergefährlichkeit, die besondere Vorsichtsmaßnahmen erheischt und wohl der Hauptgrund dafür ist, daß so viele organische Herbizide entwickelt wurden, welche dieses gefährliche Mittel

ersetzen sollen. Beim Arbeiten mit Chlorat darf auf keinen Fall geraucht werden, und Kleider, die mit Spritzbrühe benetzt wurden, müssen gut ausgewaschen werden, dürfen aber niemals am offenen Feuer getrocknet werden. Die Verwendung von Gummihandschuhen ist notwendig wegen der ätzenden Wirkung des Salzes; sie wird aber grundsätzlich immer beim Arbeiten mit Giftstoffen empfohlen. Soll das Mittel im Frühjahr gestreut werden, so ist vorsichtshalber die leicht entflammbare Laub- und Grasstreue zu entfernen. Ferner ist ein gewisser Abstand von Kulturen zu wahren, weil bei starken Regengüssen ein Teil des Salzes verschwemmt werden kann. Wild und Vieh müssen durch Einzäunen von den behandelten Flächen ferngehalten werden, da der salzige Geschmack den Tieren wohl zusagt, aber nicht wohl bekommt. Schwere Verätzungen, Vergiftungen oder sogar Tod der Tiere sind die Folgen des Genusses.

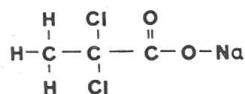
22 Trichlorazetat (TCA)



In den vierziger Jahren wurde in Nordamerika entdeckt, daß ein Derivat der Essigsäure herbizide Eigenschaften besitzt. Es handelt sich um das wasserlösliche Natriumsalz der Trichloressigsäure (vgl. Strukturformeln). Es wirkt systemisch und wird von den Blättern, vorwiegend und leichter aber von den Wurzeln aufgenommen. Es kann gestreut (äztt die Haut!) oder gespritzt werden, und zwar während des ganzen Jahres, doch soll sich der Herbst als günstigster Behandlungszeitpunkt erwiesen haben (Burschel und Röhrlig, 1960). Die Aufwandmengen liegen bei 25–150 kg/ha. TCA geht mit dem Zellplasma Verbindungen ein, welche den Stoffwechsel stören und insbesondere den Wuchsstoffhaushalt beeinträchtigen (Mayer, 1957). In der Regel wird die Transpiration gesteigert, wodurch Welkung und Absterben der Pflanze gefördert werden.

Auch wenn TCA vorwiegend Gräser bekämpft, so ist es doch eher als Radikalmittel denn als selektives Mittel zu betrachten. Unter den Forstpflanzen sind besonders junge Koniferen sehr empfindlich, aber auch Laubholzverjüngung kann Schaden leiden. Auf den behandelten Flächen stellen sich gewöhnlich breitblättrige Kräuter ein, wenn das Gras vernichtet wurde.

23 Dalapon (Dowpon)

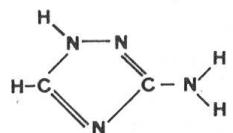


Das als Dalapon bekannte Natriumsalz der 2,2-Dichlorpropionsäure ist chemisch nah verwandt mit dem TCA, wie aus der Strukturformel hervor-

geht. Es wirkt systemisch und wird vorwiegend von den oberirdischen Teilen aufgenommen. Als Blattgift wirkt es stärker gegen Gräser als TCA. Es ist wasserlöslich und wird gesprüht oder gespritzt in Mengen von 5–25 kg/ha, wobei eine Behandlung während der Zeit intensivsten Wachstums am erfolgreichsten ist. Sie soll auch so frühzeitig erfolgen, daß die Gräser vor ihrer Samenreife absterben (Keller, 1962).

Dalapon verursacht schwere Stoffwechselstörungen, zum Beispiel in der Synthese von Aminosäuren, welche zum Tod der Pflanzen führen können. Es wirkt vor allem gegen Gräser, aber auch junge Laubhölzer können geschädigt werden. Von den einheimischen Nadelbaumarten sind besonders Föhre und Lärche empfindlich. (Das konzentrierte Pulver ätzt die menschliche Haut und vor allem auch die Schleimhäute!)

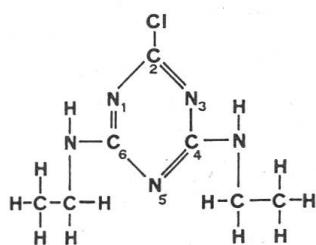
24 Aminotriazol (ATA)



3-Amino-1,2,4-triazin

Das leicht wasserlösliche Salz ist ein systemisches Blattgift, das von den Wurzeln nur sehr langsam, vom Sproß dagegen sehr rasch aufgenommen wird. Es ist ein nicht selektives Radikalmittel, das während der Vegetationszeit in Mengen von 5–40 kg/ha gesprüht oder gespritzt wird. Sehr oft wird es andern Mitteln beigemischt zur Erhöhung deren Breitenwirkung. Nach Burschel und Röhrlig (1960) zerstört ATA das Chlorophyll und behindert die Neubildung der Chloroplasten. Die Pflanze bleicht daher aus, und die Assimilation wird auf diese Weise unterbunden. Es scheint besonders gut gegen Pflanzen mit ausgesprochen stark entwickelten Speicherorganen zu wirken — welche mit andern Mitteln schwer zu bekämpfen sind —, da der Wirkstoff dort gespeichert wird. Oft zeigt sich der volle Erfolg erst im Jahr nach der Behandlung.

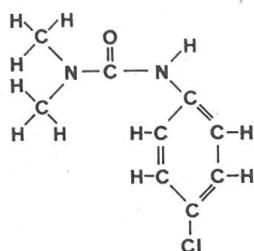
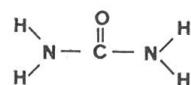
25 Triazine (Simazin, Atrazin usw.)



2-Chlor-4,6-bis-äthylamino-triazin (Simazin)

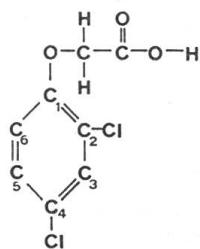
Als Vertreter dieser Herbizidgruppe hat Simazin, ein systemisches Wurzelgift, bisher vorwiegend in Pflanzgärten Verwendung gefunden. Es wird im Spätherbst oder Frühjahr gespritzt oder als Granulat gestreut. Die Wirkung soll den Sommer hindurch anhalten. Es ist sehr wenig wasserlöslich und wird außerdem von Ton- und Humusteilchen leicht absorbiert, so daß es in der obersten Bodenschicht zurückgehalten wird und dort von den Wurzeln oberflächlich wurzelnder und keimender Pflanzen aufgenommen wird. Die selektive Wirkung wird vor allem dadurch erreicht, daß die Wurzeln der verschuldeten Forstpflanzen zu tief liegen, um mit dem Wirkstoff in Berührung zu kommen. Pflanzen, welche Simazin aufgenommen haben, erleiden eine starke Störung der Assimilationsvorgänge.

26 Harnstoffderivate (CMU=Monuron; Neburon)



In den USA wird das Harnstoffderivat CMU seit etwa zehn Jahren als Radikalmittel eingesetzt. Obenstehende Strukturformeln zeigen oben den Harnstoff und darunter dessen Derivat CMU [3-(p-Chlorphenyl)-1,1-dimethyl-Harnstoff]. Die Herbizidgruppe der Harnstoffderivate wirkt als systemisches Wurzelgift und ist allgemein wenig wasserlöslich. CMU, das auch unter dem Namen Telvar gehandelt wird, wird in Mengen bis zu 25 kg/ha eingesetzt. Chemisch dem CMU nah verwandt ist das Neburon, das vereinzelt in Pflanzgärten angewendet wird, wo es sich ähnlich verhält wie das Simazin.

27 Synthetische Wuchsstoffe (2,4 D; MCPA; 2,4,5 T)



Diese Herbizide sind Derivate chlorierter Phenoxy-Essigsäuren; als Beispiel ist die Strukturformel von 2,4 D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure) auf-

geführt. Beim MCPA (2-Methyl-4-Chlorphenoxyessigsäure) tritt an die Stelle des einen Cl-Atoms am Phenolring eine Methylgruppe, beim 2, 4, 5 T (2, 4, 5-Trichlorphenoxyessigsäure) enthält der Phenolring drei Chloratome. In der Regel werden diese Stoffe mit einem Alkohol verestert. Die Wuchsstoffe sind systemische Blattgifte, welche vor allem während der Zeit stärksten Wachstums in Mengen von 2–9 l/ha in Wasser gelöst gesprüht oder gespritzt werden. Besonders bei warmem Wetter wird der Wirkstoff rasch aufgenommen und stürzt dann den Hormonhaushalt der Pflanze in ein Chaos. Das Wachstum wird gesteigert, so daß Wucherungen und Sproßverkrümmungen entstehen. Außerdem nimmt die Transpiration gewaltig zu. Das Wachstum verläuft so rasch, daß die Assimilation nicht Schritt zu halten vermag, um so mehr als die Atmung stark erhöht wird (Fröhlich, 1961 a). Die Pflanze erschöpft sich daher selbst durch Verbrauch der Reservestoffe. Die synthetischen Wuchsstoffe sind vermutlich die ältesten Herbizide mit einer selektiven Wirkung, da die Monokotyledonen dadurch in der Regel nicht beeinflußt werden. Forstlich wichtig ist aber der Umstand, daß Laub- und Nadelhölzer hormonempfindlich sind. Da manche in gewissen Fällen unerwünschte Laubhölzer relativ 2,4 D-resistent sind, wird zur Strauchvertilgung oft eine Mischung von 2,4 D mit 2,4,5 T angewendet. Vielfach wird das letztere Mittel allein gebraucht wo nicht auch hohe Kräuter zu bekämpfen sind.

Neuerdings werden diese Mittel in Mineralölen gelöst, weil dann hartnäckige «Unhölzer» mit hohem Stockausschlagvermögen oder Wurzelbildung durch Rindenbehandlung abgetötet werden können. Die in Öl (zum Beispiel Dieselöl, Heizöl) gelösten Hormone durchdringen die Rinde leicht. Aber auch das Öl selbst wirkt für die Pflanze giftig.

3. Nebenwirkungen

Auf die Feuergefahr beim Einsatz von Chlorat und auf die ätzende Wirkung von Chlorat, TCA und Dalapon wurde bereits hingewiesen; ebenso auf die Giftigkeit von Chlorat für Vieh und Wild. In Tabelle 1 finden sich in der ersten Kolonne die ungefähren Herbizidmengen, die von einer 25 g schweren Maus gefressen werden müssen, um deren Tod herbeizuführen. Sie sind von den Zahlen Günthers (1961) abgeleitet, mit Ausnahme des Wertes für Natriumchlorat. Für dieses Herbizid standen nur Angaben über die letale Dosis bei Kühen zur Verfügung. Da die letale Dosis normalerweise ungefähr proportional zum Körpergewicht ist, haben wir mit dem entsprechenden Faktor umgerechnet, sind uns aber bewußt, daß es sich bei diesem Wert nur um eine grobe Annäherung handelt. Je geringer der Wert, desto giftiger ist die betreffende Substanz. Es mag noch interessieren, daß die letale Dosis von Simazin und TCA ungefähr derjenigen von Kochsalz entspricht. Als Gegenüberstellung finden sich in Kolonne zwei von Tabelle 1 die Aufwandmengen, die bisher pro Quadratmeter ausgebracht wurden.

Tabelle 1

Herbizid	Tödliche Dosis mg/Maus	Aufwandmenge mg/m ²	Verhalten im Boden	
			Mikrob. Abbau	Auswaschung
Natriumchlorat	~ 15	10 000–50 000	?	rel. rasch
TCA	125	2 500–15 000	langsam	langsam
Dalapon	200	500–2 500	rasch	?
Aminotriazol	30	500–4 000	rasch	?
Simazin	125	150–400	langsam	langsam
CMU	85	1 000–4 000	langsam	langsam
2,4,5 T	10–15	200–1 000	rasch	?



Über das Verhalten dieser Biozide im Boden sind wir leider immer noch recht dürtig orientiert, ganz besonders was die Folgen bei alljährlicher Anwendung anbelangt. Wirkungsdauer im Boden, Geschwindigkeit des Abbaus durch Mikroorganismen und Auswaschung hängen sehr stark von Boden (Textur, Struktur, Reaktion, Humusgehalt usw.) und klimatischen Faktoren (Menge und Intensität der Niederschläge, Temperatur usw.) ab. Hier wirkt sich der Umstand positiv aus, daß von den Blattgiften nur relativ geringe Mengen in den Boden gelangen, da der Großteil der Wirkstoffe von den Pflanzen oberirdisch aufgenommen wird.

Grundsätzlich gilt, daß die Herbizide aus leichten und humusarmen Böden rascher ausgewaschen werden als aus tonreichen und humosen Böden. Hohe Bodentemperaturen, gute Durchlüftung, Feuchtigkeit und nicht allzu saure Bodenreaktion fördern den mikrobiellen Abbau. Dieser wird besonders begünstigt durch den hohen Humusgehalt. So konnte zum Beispiel Mader (1959) nachweisen, daß in sandigen Pflanzgartenböden Humusgaben schädliche Auswirkungen von Bioziden zu korrigieren vermögen.

Natriumchlorat unterliegt der Auswaschung aus dem Boden wie jedes andere leicht wasserlösliche Salz. Es zersetzt sich aber auch langsam durch Abgabe von Sauerstoff und verwandelt sich allmählich in Kochsalz. Diese Reaktion dürfte in schlecht durchlüfteten, schweren Tonböden rascher verlaufen als in lockeren Böden. Gaben von 200 und 500 kg/ha bewirkten im Tessin eine deutliche Reduktion der totalen Bakterienzahl im Boden, welche mehrere Monate anhielt. Von den untersuchten Bakteriengruppen erwiesen sich die nitrifizierenden Mikroorganismen als besonders empfindlich. Nach einem Jahr hatte sich jedoch das Gleichgewicht wieder eingestellt (Keller, 1961). Burschel und Röhrig zitieren amerikanische Autoren, welche in Laborversuchen feststellten, daß ein hoher Nitratgehalt des Bodens die Chloratgiftigkeit herabsetzt. Diese Laborbefunde werden durch Erfahrungen

der Elektrochemie Turgi (Hersteller von Chlorat) bestätigt, welche den Bauern mit Erfolg empfiehlt, nach einer Distelbekämpfung vor einer Neubestellung des Ackers Jauche auszuführen. Diese Behandlung dürfte auch die nitrifizierenden Bakterien wieder stimulieren.

TCA kann ebenfalls langsam ausgewaschen werden. In schweren Böden kann es mehrere Monate wirksam bleiben (Rozsnyay, 1960), und auch in humosen Böden bleibt es lange aktiv (Burschel und Röhrig). Im Tessin verringerten 100 kg/ha die Totalkeimzahl nach sechs und vierzehn Wochen noch beträchtlich, trotz dem hohen Humusgehalt des Bodens. Auf einer andern Fläche, welche Ende März mit 100 kg/ha behandelt worden war, klagten die Arbeiter über eine ätzende Wirkung, als sie nach fünf Wochen versuchsweise Linden auspflanzten. Die Pflanzenausfälle betrugen in jener Pflanzung 30 Prozent gegenüber 5 Prozent der unbehandelten Vergleichsfläche. Linden, welche in gelochten Plastiksäcken in die behandelte Fläche gesetzt wurden, zeigten dagegen eine hundertprozentige Überlebensrate.

Vom Dalapon ist bekannt, daß es in einem bis drei Monaten aus dem Boden verschwindet, was vorwiegend auf bakterielle Tätigkeit zurückzuführen sein dürfte. Amerikanischen Forschern gelang es nämlich, Bakterien zu isolieren, welche Dalapon zu zersetzen vermögen (Magee und Colmer, 1959). Burschel und Röhrig zitieren auch Arbeiten, welche fanden, daß Bakterien und Aktinomyceten nach einer Dalapongabe zunehmen und daß eine zweite Gabe — nach wenigen Monaten verabreicht — rascher abgebaut wird als die erste. Unter tessinischen Verhältnissen wurde die totale Keimzahl durch 20 kg/ha etwa drei Monate lang beeinträchtigt (Keller, 1961), was auf die saure Bodenreaktion zurückzuführen sein dürfte.

Nach der von Burschel und Röhrig zitierten Literatur verliert Aminotriazol im Boden seine Wirkung rasch; vor allem in warmen, feuchten, humosen Böden soll der Abbau schnell verlaufen und die Mikroorganismen nicht nachteilig beeinflussen.

Die Triazine dagegen zeigen eine nachhaltige Wirkung gegen das Unkraut, da sie nur sehr langsam ausgewaschen werden und auch gegen mikrobiellen Abbau widerstandsfähig sind. In einem mit 40 kg/ha Atrazin behandelten Tessiner Boden war nach einem halben Jahr die totale Keimzahl immer noch bedeutend reduziert. In Pflanzgartenböden verschwand Simazin — in üblichen Mengen ausgebracht — innert Jahresfrist, doch ist noch unbekannt, wie das Edaphon auf alljährlich wiederkehrende Gaben reagiert.

Die Wuchsstoffe werden zum Teil bereits in der Pflanze abgebaut, unterliegen aber auch relativ raschem bakteriellem Abbau, der nach amerikanischen Untersuchungen ähnlich dem Dalapon-Abbau ist.

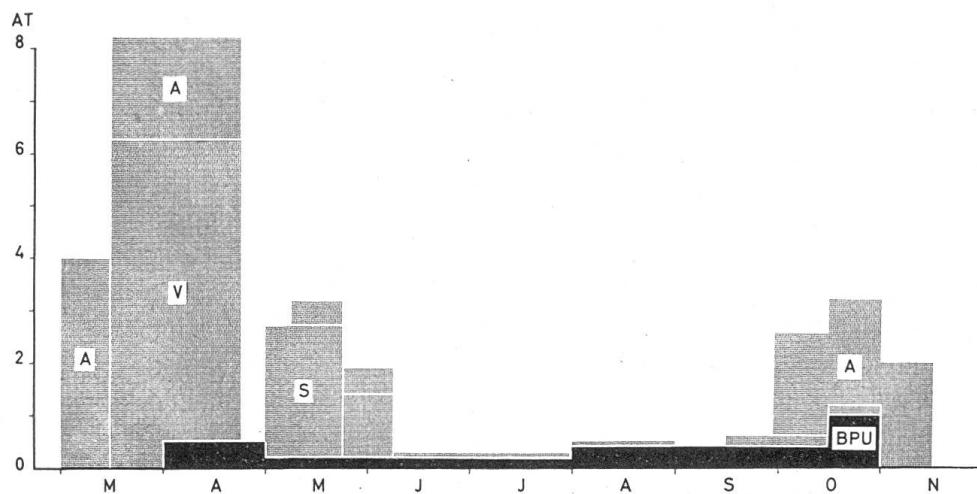
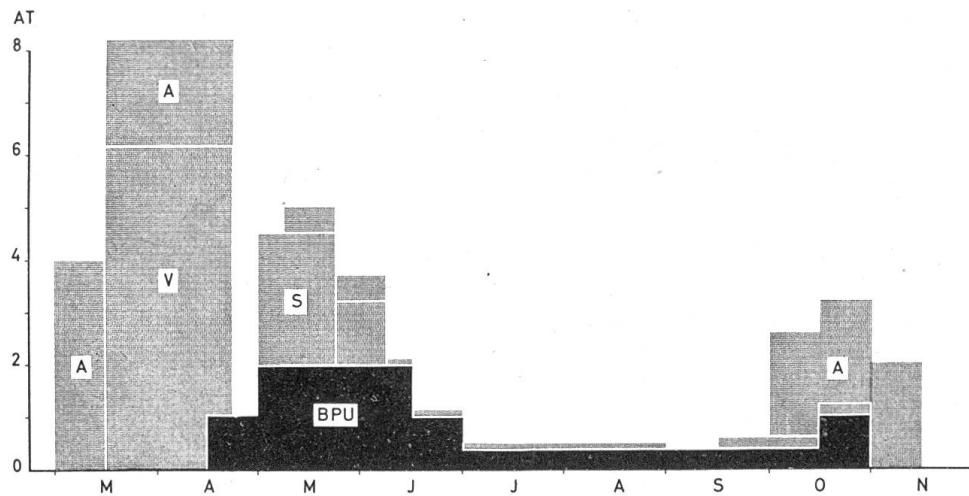
Gerade die Verwendung von Dieselöl im Walde — im Zusammenhang mit Hormonbehandlungen — hat im Hinblick auf seine wasserwirtschaftlichen Funktionen einer Kontroverse gerufen, und die Verwendung von Dieselöl als Trägersubstanz wurde für die bayerischen Staatswaldungen verboten

(Woelfle, 1961). Die Verfechter der Mineralöle als Trägersubstanz wiesen aber darauf hin, daß im Walde maximal 200–300 l/ha Öl ausgebracht werden, die größtenteils an den Blättern der behandelten Pflanzen als dünner Film haften und zum Teil verdunsten. Bei einer Anwendung von 250 l/ha tropften 1–4 Prozent, das heißt 2,5–10 l/ha auf den Boden (Fröhlich, 1961 b). Aus Laborversuchen von Thofern (1962) geht hervor, daß eine 17 cm dicke Fichtennadel-Rohhumusschicht eine direkt aufgesprühte Ölgabe von 600 l/ha völlig absorbiert, während 5 cm Rohhumus über 12 cm feinkörnigem Sand 300 l/ha Öl so auffängt, daß im durchsickernden Wasser kein Öl nachweisbar ist. Dabei ist zu beachten, daß eine Verdünnung von 1 : 10⁶ dem Trinkwasser noch einen widerlichen Geschmack gibt! Gerade Waldböden mit ihrem humosen Oberboden vermögen also beträchtliche Ölmengen zurückzuhalten, so daß mit einer Grundwasserverschmutzung kaum zu rechnen ist.

Nachhaltige Schädigungen der Bodenvegetation sind bisher nicht aufgetreten, das heißt auch oberflächlich wurzelnde Gräser haben jeweils schnell wieder ausgetrieben. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß im Gartenbau in Holland bis zu 1000 l/ha Mineralöl auf den Boden gespritzt werden, um Unkräuter in Wurzelgemüsekulturen zu vernichten. Auch wenn wir dieses doch etwas gewissenlose Vorgehen keineswegs anpreisen wollen, so deutet es doch darauf hin, daß ein tätiger kolloidreicher Boden recht viel erträgt. Die große spezifische Oberfläche des Bodens hilft mit, einen Teil dieser Stoffe durch Oxydierung und Verharzung unschädlich zu machen. Ferner hat St undl (1959) gefunden, daß das Edaphon in den Boden eingesickerte Treibstoffe verändert oder abbaut. Allerdings wird die Leistung mancher Bakterien durch solche Stoffe gehemmt und die reinigende Kraft des Bodens herabgesetzt. Bei starker Verschmutzung kann sich das Öl als feiner Film um die Krümel und Wurzelhaare legen und dadurch die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen beeinträchtigen (Knickmann, 1960). Da Mittelöle nach vier bis sechs Jahren, Schweröle sogar nach zwanzig bis dreißig Jahren noch im Boden nachweisbar sein sollen (Woelfle, 1961 b) scheint bei der Verwendung von Diesel- oder Getriebealöl doch eine gewisse Zurückhaltung am Platze.

4. Einsatzmöglichkeiten in Forstgärten

Das Problem der Unkrautbekämpfung in Forstgärten ist wahrscheinlich so alt, wie die Nachzucht von Waldpflanzen an sich selber. Der Boden wird für ein optimales Wachstum der jungen Waldbäume präpariert und bietet damit auch günstige Wuchsbedingungen für andere Pflanzen, die wir in diesem Fall Unkräuter nennen. Diese fliegen als Samen aus der Umgebung an, werden mit Torf oder Mist in den Garten eingeschleppt oder vermehren sich aus endemischen Pflanzen oder Pflanzenteilen. Vielfach ist ihr Jugendwachstum demjenigen der Waldpflanzen, vor allem junger Nadelbäume,



Arbeitsbelastung im Forstgarten (Beispiel eines Gartens mit einer Jahresproduktion von etwa 100 000 Pflanzen). AT = Arbeitstage, A = Ausheben und Transportvorbereitung, V = Verschulung, S = Saaten; übrige gerasterte Säulen = Schutz- und Pflegemaßnahmen ohne Bodenpflege und Unkrautbekämpfung, BPU = Bodenpflege und Unkrautbekämpfung.

Abbildung 2 oben: ohne Herbizidanwendung.

Abbildung 3 unten: mit Herbizidanwendung.

überlegen, und damit behindern sie diese in ihrer Entwicklung, sei es durch Verdämmung, Wurzelkonkurrenz, Nährstoffentzug oder anderes, auch phytotoxische Wirkungen sind nicht ausgeschlossen. In den kleinen und kleinsten Forstgärten alten Stils waren laufend Arbeitsgruppen mit der Unkrautbekämpfung beschäftigt und kamen selten an ein Ziel. Trotz bescheidener Entlohnung war in der Regel diese Arbeit der Hauptausgabeposten im Betrieb. Aufwände von zwanzig, dreißig und mehr Stunden pro Are und Jahr waren nicht außergewöhnlich. Durch die Übernahme und Modifikation von Pflegeverfahren aus der Landwirtschaft und dem Gartenbau ließ sich im vergangenen Jahrzehnt der Aufwand für die Unkrautbekämpfung erheblich vermindern. Bei guter Organisation und konsequenter Durchführung dieser Lockerungsverfahren wird die Unkrautbekämpfung beiläufig, aber mit voller Wirkung erledigt. Der Zeitaufwand beträgt dabei noch etwa fünf bis sechs Stunden pro Are und Jahr. Auch die ausgedehnte Verwendung von richtig aufbereitetem Kompost hemmt das Aufkommen von Unkraut.

Der forstliche Arbeitsmarkt hat sich nun aber in den letzten Jahren derart entwickelt, daß selbst in einigen gut geführten Gärten die Pflegemaßnahmen zeitlich in Verzug gekommen sind, und damit konnte das Unkraut nicht mehr in der Kontrolle gehalten werden. In dieser Situation hat man nun nach Möglichkeiten gesucht, die erlauben, die Unkrautbekämpfung mit einem Minimum an Personal und Maßnahmen durchzuführen. Von der Landwirtschaft und dem Gartenbau lagen schon mehrjährige Erfahrungen über die Anwendung von Herbiziden vor; Herbizide sind auch schon seit einiger Zeit zur Unkrautbekämpfung in Forstgärten und Kulturen im Ausland (Deutschland, Nordeuropa, USA) verwendet worden. Auch schlecht geführte Gärten bei uns, die nie mit Unkraut fertig wurden, haben beim ersten Auftauchen zu solchen Mitteln gegriffen; entsprechend der mangelnden Kenntnis der Anwendung blieben die Mißerfolge nicht aus. Viele Forstleute standen und stehen auch heute noch einer Anwendung von Herbiziden skeptisch gegenüber, zum Teil aus Prinzip. Auf der andern Seite ist die Entwicklung der Herbizide in den letzten Jahren weitergegangen, die Kenntnisse über die Wechselwirkungen von Herbizid–Pflanze–Boden sind laufend vermehrt worden. Der Personalmangel in den Forstgärten hat sich verschärft.

Es war daher angezeigt, die Anwendbarkeit von Herbiziden für unsere Forstgärten zu überprüfen und Unterlagen für die Beratung der Praxis zu beschaffen. Im Vordergrund steht dabei die Behandlung von Verschulungen, da sie allein etwa 90 bis 95 Prozent der Forstgartenfläche belegen und die Saaten ohnehin durch die konzentrierte Anwendung von Kompost wenig Unkraut aufweisen. Besonders kritisch ist die Situation in den voralpinen und alpinen Gärten, wo erst spät verschult werden kann, dann aber schlagartig ein üppiges Wachstum der Unkräuter einsetzt. Hohe Niederschläge im Vorsommer beschränken oft zeitlich die möglichen Pflegemaßnahmen, so daß selbst bei bester Aufsicht und Pflege das Unkraut gelegentlich überhandnehmen kann.

In den Forstgärten und vor allem in Verschulungen sind in den letzten Jahren ansprechende Ergebnisse mit Herbiziden der Triazin-Gruppe erreicht worden, vor allem bei Nadelbäumen, besonders bei der Fichte. Das bekannteste dieser Mittel ist das «Simazin». Die Triazine bleiben bei ihrer geringen Wasserlöslichkeit in den obersten Bodenschichten angelagert, besonders bei hohem Humus- und Tongehalt dieser Schichten. Sie wirken daher in erster Linie auf keimende und ausgesprochen flachwurzelnde Unkräuter, nicht aber auf perennierende, die von tiefer überwinternden Wurzelknospen ausschlagen oder sich durch eingefräste Sproßteile vegetativ vermehren. Eine absichtliche, frühzeitige Verlagerung des Herbizids in tiefere Schichten – durch die übliche Tieflockerung – ist nicht ratsam; damit käme das Herbizid mit den Wurzeln der Waldpflanzen in Berührung und würde diese schädigen. Diese Eigenschaft schließt praktisch die Anwendung von Simazin bei Saaten aus.

Trotz dieser beschränkten Wirkung ist die Anwendung von Simazin interessant, da schon eine zeitlich und mengenmäßig beschränkte Eindämmung des Unkrautes die Kontrolle und Bekämpfung erheblich erleichtert, besonders wenn sie sich zu Beginn der Vegetationszeit auswirkt.

Die Anwendung von Herbiziden in unsrern Forstgärten stellt eine Reihe von Fragen; wir haben daher mit Versuchen zur Abklärung der wichtigsten begonnen. In einer ersten Serie, die 1962 angelegt wurde, ging es darum, Anhaltspunkte über die zweckmäßige Menge beziehungsweise Konzentration zu erhalten. Auf den vorwiegend sandigen, durchlässigen Böden der bisherigen Anwendungsgebiete lag die notwendige Konzentration bei etwa anderthalb bis zwei Kilogramm Simazin-Spritzmittel pro Hektar (Wirkstoffgehalt 50 Prozent), die höchstzulässige Konzentration bei etwa drei kg/ha. Auf unsrern schweren und durch Kompost- und Torfanwendung humusreichen Oberböden war daher eine Prüfung verschiedener Konzentrationen angezeigt.

In fünfzehn Versuchsanlagen (Querschnitt durch die Schweiz mit regional typischen Boden- und Klimaverhältnissen) wurden Fichtenverschulungen im zweiten Jahr mit folgenden Konzentrationen behandelt:

$$\begin{aligned}0,0 \text{ kg/ha} &= 0 \text{ g/a} \\1,5 \text{ kg/ha} &= 15 \text{ g/a} \\3,0 \text{ kg/ha} &= 30 \text{ g/a} \\4,5 \text{ kg/ha} &= 45 \text{ g/a} \\6,0 \text{ kg/ha} &= 60 \text{ g/a}\end{aligned}$$

Auf den verschiedenen Versuchsfächen wurden 92 Unkrautarten gefunden, davon 27 annuelle und 52 perennierende, der Rest beschränkt bestimmt (nur Familie oder Gattung). Bei den einzelnen Gärten liegt die Zahl der vorkommenden Arten zwischen 10 und 28; keine der Arten ist aber durchgehend vorhanden. Bei den annuellen Arten sind häufig:

<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere
<i>Poa annua</i>	Spitzgras
<i>Cerastium glomeratum</i>	Hornkraut
<i>Chenopodium album</i>	Gänsefuß
<i>Capsella Bursa-pastoris</i>	Hirntäschel

bei den perennierenden:

<i>Taraxacum spec.</i>	Löwenzahnarten
<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß
<i>Vicia Cracca</i>	Vogelwicke
<i>Agropyron repens</i>	Kriechende Quecke
<i>Cirsium arvense</i>	Ackerkratzdistel
<i>Roripa silvestris</i>	Waldkresse
<i>Rumex obtusifolius</i>	Stumpfblättriger Ampfer
<i>Sagina procumbens</i>	Mastkraut

Die Aufnahmen der Versuchsfelder (Fünferblöcke, unbehandelt und vier gestaffelte Konzentrationen, pro Garten viermal versetzt wiederholt) zeigten für 1962 folgendes Ergebnis:

In den Feldern mit den Behandlungsmengen von 3,0, 4,5 und 6 kg/ha ist die Wirkung auf die annuellen Unkräuter eindeutig, diese kommen praktisch nicht auf. Auffällige Unterschiede in der Wirkung zwischen diesen Konzentrationen sind nicht erkennbar. Es ist aber auch keine Schädigung der Fichten (Chlorose, Kümmerwuchs, Abgang), selbst bei den starken Behandlungen mit 4,5 beziehungsweise 6,0 kg/ha, festzustellen. Bei der Behandlung mit 1,5 kg/ha treten annuelle Unkräuter deutlich auf, wenn auch nicht so üppig wie in den unbehandelten Feldern.

Die perennierenden Unkräuter, die sich zum Teil ja vegetativ aus endemischen Pflanzenteilen entwickeln, werden durch die Herbizidbehandlung praktisch nicht beeinflusst.

Von der Herstellerfirma wird eine Karenzzeit von vier Wochen zwischen Verschulung und Herbizidspritzung empfohlen. In dieser Zeitspanne können aber in unsrern Verhältnissen unter Umständen unerwünscht viele Unkräuter anfliegen, keimen und aufwachsen. Eine frühere Applikation wäre daher in vielen Fällen wirkungsvoller.

Ein entsprechender Versuch mit frisch verschulten Fichten zeigte bei einer Spritzung von 4,5 kg/ha Simazin – also einer absichtlich starken Dosis – weder Unterschiede noch Schäden an der Pflanzung.

Diese Behandlung war zeitlich gestaffelt:

- einen Tag vor der Verschulung
- einen Tag nach der Verschulung
- 7 Tage nach der Verschulung
- 14 Tage nach der Verschulung
- 21 Tage nach der Verschulung

Diese Ergebnisse beziehen sich auf das Jahr 1962; es ist festzuhalten, daß die Niederschlagsverhältnisse, die erfahrungsgemäß die Herbizidwirkung wesentlich beeinflussen können, in diesem Jahr außergewöhnlich waren. Die Vegetationszeit weist ab Ende Mai ein eindeutiges Niederschlagsdefizit auf. Diese Ergebnisse sind also mit Vorsicht zu interpretieren; die Versuche werden in den folgenden Jahren wiederholt.

Eine unerwünschte Begleiterscheinung der Herbizibehandlung ist zu erwähnen. Da nach der Spritzung im Frühjahr eine Bodenlockerung nicht zweckmäßig ist (Beeinträchtigung der Wirkung, Verlagerung des Herbizides an die Wurzeln), verkrustet die Bodenoberfläche, bei Platzregen bilden sich «Erdhosen» an den Pflanzen, die das Wachstum hemmen und bei starker oder wiederholter Ausbildung, die Pflanzen zum Absterben bringen können. Bei genügendem Nachschub von Humus (Kompost, Torf) und wiederholter oberflächlicher Bodenlockerung kommt diese Erscheinung nicht vor.

Die bisherigen vergleichbaren Erfahrungen im Ausland und Versuche in der Schweiz zeigen, daß bei einem überlegten, vernünftigen Einsatz von Herbiziden der Triazin-Gruppe Rationalisierungsmöglichkeiten für Forstgärten bestehen. Die Belastungsspitze im Zeitraum April bis Juni kann gebrochen werden, die Kontrolle über das Unkraut wird erleichtert und der Arbeitsaufwand vermindert.

Zum Schluß noch ein paar unverbindliche Richtlinien für die Herbizid-anwendung in Forstgärten; sie gelten in erster Linie für Fichtenverschulungen.

1. Für Verschulungen, die im nächsten Jahr noch im Garten bleiben:
 - im Spätherbst Flächen unkrautfrei machen,
 - anschließend auf frischen oder feuchten Boden $1\frac{1}{2}$ kg Simazin/ha spritzen (besonders bei *Stellaria*-Befall),
 - im Frühling nach Ausaperung zweite Spritzung mit $1\frac{1}{2}$ kg Simazin/ha,
 - perennierende Unkräuter während der Vegetationszeit periodisch mit Grubbern oder Blatthacken entfernen.
2. Neue Verschulungen:
 - sieben bis zehn Tage nach Verschulung mit 3,0 kg Simazin/ha spritzen,
 - perennierende Unkräuter während der Vegetationszeit periodisch mit Grubbern oder Blatthacken entfernen.

5. Einsatzmöglichkeiten in der Bestandesverjüngung und -pflege

Im Verlaufe der Bestandesverjüngung und bei der Bestandspflege sind folgende mögliche Fälle der Herbizidanwendung zu unterscheiden:

1. zu verjüngende, verlichtete und verunkrautete Althölzer;
2. verunkrautete Kahlflächen;
3. jungwuchspflegebedürftige Kulturen;
4. Dickungen und Stangenhölzer.

51 Althölzer

In neuester Zeit wurde in Deutschland verschiedentlich versucht, durch den Einsatz von Herbiziden das Aufkommen von Naturverjüngung zu ermöglichen. Nach den Angaben von Rozsnyay (1960), Storch und Deppenmeier (1961), Günther (1961) und Hanschke (1962) kann der Graswuchs in Fichten-, Buchen- und Eichenalthölzern mit einer Sommerspritzung des Blattgiftes Dalapon erfolgreich vernichtet werden, ohne das Altholz zu schädigen. Die anzuwendende Menge schwankt je nach Grasart zwischen 10 kg/ha (*Aira*, *Juncus*, *Molinia*, *Brachypodium*) und 20–25 kg/ha (*Calamagrostis*). In den Hochlagen des Bayerischen Waldes wurde in einem Sommer, in dem die Fichten guten Zapfenbesatz zeigten, der dichte *Calamagrostis-villosa*-Rasen mit 20 kg/ha vernichtet. Einige Jahre später war die Naturverjüngung in den behandelten Flächen nicht nur dichter, sondern sie war auch zwei- bis dreimal höher als auf den Bodenverwundungen ohne chemische Grasbekämpfung (von Bülow, 1962). In Fichtenbeständen mit flachstreichenden Wurzeln ist allerdings größte Vorsicht geboten, und in Kiefern- und Lärchenbeständen ist die Verwendung von Dalapon überhaupt nicht empfehlenswert. In Althölzern eignen sich auch TCA, Natriumchlorat und Harnstoff-derivate nicht.

Zur Bekämpfung von breitblättrigen Unkräutern in Altbeständen wurde Aminotriazol (10 kg/ha) mit Erfolg eingesetzt (Linden und Immel, 1960); dasselbe Mittel vernichtet auch Seegrasrasen (*Carex brizoides*) (Olberg, 1961). Auch die Verwendung von in Wasser gelösten Wuchsstoffen, zum Beispiel gegen Heidelbeere, war manchmal von Erfolg gekrönt.

Vor allem auf tätigen Böden ist allerdings die Wirkung oft nicht so nachhaltig wie es wünschenswert wäre. Im folgenden Jahre kann sich eine Folgeflora einstellen, die an Üppigkeit nichts zu wünschen übrig lässt und den Anfangserfolg ins Gegenteil verkehrt (Reinecke, 1962). Die Versuche im Tessin zeigten ebenfalls, daß zum Beispiel der Adlerfarn gern übernahm, wenn das Pfeifengras vernichtet worden war (Keller, 1962). Die Ausschaltung der Konkurrenz wird von der überlebenden Unkrautkomponente stets prompt ausgenutzt.

52 Kahlflächen

Auf Kahlflächen und verwilderten Umwandlungsflächen ist man in der Wahl der Mittel wohl freier, aber gewöhnlich ist auch das Unkraut um so harrnäckiger. Der Einsatz von Radikalmitteln, welche alles abtöten, ist vermutlich in den meisten Fällen die rationellste Lösung. Sie ist aber nicht ratsam an Hängen mit Erosionsgefahr oder in nassen Gebieten, wo der Wegfall transpirierender Vegetation die Versumpfung noch fördern würde. Als weiterer Nachteil ist möglicherweise eine oberflächliche Bodenverkrustung zu erwähnen.

Im Tessin ist es uns nicht gelungen, mit einem einzigen Mittel nachhaltig

alle Unkräuter zu vernichten. Bei Abwesenheit von Adlerfarn und Sträuchern war Dalapon das beste Mittel. Eine Spritzung von 10 kg/ha des 85-prozentigen Wirkstoffes in 1200 l Wasser im Juli vernichtete das Pfeifengras völlig und niedere, nicht verdämmende Kräuter, wie Wachtelweizen, Tormentill, Habichtskraut übernahmen den Bodenschutz. Die Schnee-Hainsimse (*Luzula nivea*) erwies sich zwar als dalaponresistent, aber sie war auch keine Gefahr für die Kulturen. Entgegen deutschen Erfahrungen mit 20 kg/ha Aminotriazol war gegen Adlerfarn einzig Natriumchlorat in einer Menge von 500 kg/ha von nachhaltiger Wirksamkeit, aber diese Behandlung blieb gegen das Pfeifengras wirkungslos. Durch Dalaponbeimischung zum Chlorat läßt sich dieser Mangel beheben. Angesichts der Feuergefährlichkeit von Natriumchlorat bedeutet diese Behandlung bei großflächiger Anwendung allerdings ein beachtliches Risiko. Die übrigen Mittel (TCA, Aminotriazol, Triazinderivate, Harnstoffderivate und synthetische Wuchsstoffe) erwiesen sich der Wuchskraft von Pfeifengras und Adlerfarn unterlegen.

Wo die zu bestockende Fläche von Sträuchern überwuchert wird, ist der Einsatz von Hormonpräparaten angezeigt. Im Jura haben zum Beispiel Würgler (1956) und Rieben (1957) bei den Weideverbesserungen im Rahmen von Wald-Weide-Ausscheidungen mit diesen Mitteln gute Erfolge erzielt. Weißele, Hasel und Himbeere sind in der Regel mit einer einmaligen Behandlung zu vernichten, während Weißdorn besonders widerstandsfähig ist und nur der Stammfußbehandlung mit Hormonpräparaten erliegt. Die Waldrebe läßt sich chemisch noch gar nicht bekämpfen (Heid, 1960). Wichtig ist ein gutes Verhältnis von Wurzelwerk zu oberirdischen Teilen: die Blattmasse muß so groß sein, daß genügend Wuchsstoff aufgenommen wird, um die Erschöpfung der Pflanze zu gewährleisten. Anderseits wird der finanzielle Aufwand zu groß, wenn übermannshohe Sträucher bekämpft werden sollen. Die rationellste Bekämpfung dürfte in solchen Fällen darin liegen, daß die Sträucher auf den Stock gesetzt und die zweijährigen Ausschläge mit Strauchvertilger behandelt werden (Beda, 1963).

53 Jungwüchse

Besonders heikel ist der Einsatz von Herbiziden in Jungwüchsen, da er nur unter besondern Bedingungen und Einschränkungen möglich ist. Bei der Grasbekämpfung ist in den meisten Fällen kein nachhaltiger Erfolg zu erwarten, das heißt, die Behandlung ist jährlich zu wiederholen. Für Fichten-, Buchen- und Eichen-Jungwüchse stellte Rozsnyay (nach Storch und Deppenmeier, 1961) folgende Bedingungen auf:

1. Die Spritzung muß außerhalb der Vegetationsperiode erfolgen;
2. Die Aufwandmenge darf 5 kg/ha Dalapon nicht übersteigen.

Günther (1961) weist darauf hin, daß bei dieser Behandlung das Gras nicht restlos vernichtet, sondern soweit gehemmt wird, daß es nicht mehr eine verdämmende Höhe zu erreichen vermag. Der Boden soll dadurch eine beson-

ders günstige Gare erhalten, die allerdings einer üppigen Krautflora rufen kann, welche ihrerseits die Kultur gefährden kann! Im besten Falle ist also im Behandlungsjahr kein Freischneiden der Kultur nötig (Bosse1, 1961; Hanschke, 1962; Reinecke, 1962). Es ist aber darauf aufmerksam zu machen, daß selbst 5 kg/ha Dalapon Kiefern-, Stroben- und Lärchenverjüngung bereits empfindlich schädigen kann.

Was die Bekämpfung von breitblättrigen Unkräutern anbelangt, so fällt Aminotriazol als Radikalmittel außer Betracht, dagegen können Wuchsstoffe in Frage kommen. So berichten Burschel und Röhrig (1960), Arend und Roe (1961), Hanschke (1962) und Reinecke (1962) über die erfolgreiche Bekämpfung von Brombeeren und Weichhölzern in Nadelholzkulturen, wenn die Hormonbehandlung erst durchgeführt wurde, nachdem die Nadelhölzer das Höhenwachstum abgeschlossen und die Gipfelknospe gebildet hatten. Die zu bekämpfende Vegetation muß allerdings noch grün sein. In jedem Fall ist aber größten Vorsicht geboten.

54. *Dickungen und Stangenhölzer*

In der Läuterung von Dickungen und jungen Stangenhölzern schlußendlich, haben Hormonpräparate (vor allem auf der 2, 4, 5 T-Basis) in neuerer Zeit ebenfalls Anwendung gefunden. So werden in zu dichten Buchen- aber auch Nadelholzverjüngungen schmale Gassen besprüht oder die Stämmchen mit Pinseln, Zangenbürsten oder Spezialhandschuhen angestrichen (Fröhlich, 1961 a; Klotz, 1961). Das Bestreichen der Stämmchen ist vor allem bei der Mischungsregulierung vorteilhaft, kann somit schon bei der Jungwuchspflege in Frage kommen.

Da die Wuchsstoffe auch durch die Rinde zu dringen vermögen, wenn sie in Dieselöl gelöst sind, werden sie in Erstdurchforstungen verwendet, deren anfallendes Material keinen Absatz findet. Mit einem breiten, gut feuchten Pinsel wird die trockene Rind mit zwei bis drei etwa 60 cm langen Strichen behandelt. Für technische Einzelheiten sei auf die eingehende Arbeit von Fröhlich (1961 a) verwiesen. Als Vorteil der Herbizidverwendung gegenüber dem Aushieb wird vor allem die Erhaltung des Stützgefüges angeführt.

Zusammenfassend seien folgende Punkte betont:

1. Der Einsatz von Herbiziden bringt nicht in jedem Fall den gewünschten Erfolg. Witterung, Licht und Bodenverhältnisse, Zusammensetzung der Unkrautflora sowie Lebenskraft der Forstpflanzen und Unkräuter sind wesentliche Faktoren, welche Erfolg oder Mißerfolg von Jahr zu Jahr und von Ort zu Ort beeinflussen.

2. Der Einfluß der chemischen Substanzen auf die Bodenlebewesen ist erst mangelhaft erforscht. Diese Mittel können Artzusammensetzung und Sukzessionsfolgen im Edaphon verändern und das biologische Gleichgewicht vorübergehend stören. Daher ist vor allem vor einer periodisch wiederkehrenden Behandlung mit größeren Mengen zu warnen.

3. Über die Anwendung von Herbiziden in Forstgärten liegen heute umfangreiche Untersuchungen und weitgehende Erfahrungen vor. Bei zweckmäßigem Einsatz können auf diesem Gebiet beachtliche Vorteile in bezug auf Arbeitsaufwand und -verteilung erreicht werden. Da die Herbizid-anwendung aber nur bei bestimmten Pflanzengruppen wirksam ist, schließt sie die manuelle und mechanische Bodenpflege nicht vollständig aus.

4. Der Einsatz von Herbiziden für Bestandesbegründung und -pflege ist nur unter Beachtung von Vorsichtsmaßnahmen durchzuführen, insbesondere haben Tastversuche zur Abklärung der örtlich maßgebenden Faktoren einer größerflächigen Anwendung voranzugehen.

Literatur

- Arend J. L. und Roe E. I.*, 1961: Releasing Conifers in the Lake States with Chemicals. USDA For. Serv., Agric. Handbook 185, Washington, D. C. 22 p.
- Beda G.*, 1963: Arbeitstechnische Beiträge zur Aufforstung und Kulturpflege in der Kastanienzone des Tessins. Im Druck.
- Bossel H.*, 1961: Einsatz chemischer Mittel zur Unkrautbekämpfung in stehenden Kulturen und bei Wiesenaufforstungen. Forst- und Holzwirt 16, 110–111.
- von Bülow, —* 1962: Versuche mit Herbiziden in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Allg. Forstz. 17 (11), 176–178.
- Burschel P. und Röhrig E.*, 1960: Unkrautbekämpfung in der Forstwirtschaft. P. Parey, Hamburg und Berlin, 92 p.
- Fröhlich H. J.*, 1961 a): Jungwuchspflege und Läuterung mit synthetischen Wuchsstoffen. J. D. Sauerländer, Frankfurt a. Main, 56 p.
- , 1961 b): Mineralöle als Trägerstoff für synthetische Wuchsstoffe. Allg. Forstz. 16 (19), 293–296.
- Gast A.*, 1961: Grundlegendes über Simazin-Geigy und seine Anwendungsmöglichkeiten im Forst. Basel (J. R. Geigy AG).
- Goor van C. P. und Jager K.*, 1962: Die Bekämpfung von Gräsern in Forstkulturen mit Simazin und Atrazin. Berichten Bosbouwproefstation 17, Wageningen.
- Günther G.*, 1961: Möglichkeiten und Probleme chemischer Unkrautbekämpfung im Waldbau. Jahresber. Bayer. Forstver. 1960/1961, p. 130–142.
- Hanschke, —*, 1962: Chemische Unkrautbekämpfung im Wald. Allg. Forstz. 17 (43): 679 bis 682.
- Heid R.*, 1961: Wuchsstoffhormone zur Bekämpfung der Schlingrebe und des Strauchholzes. Allg. Forstz. 16 (27/28): 412–413.
- Heid R. und Rittershofer F.*, 1962: Eine stimulierende Wirkung durch Simazin? Allg. Forstz. 17 (27), 406–408.
- Keller Th.*, 1961: Über die Auswirkungen einiger Unkrautvertilgungsmittel auf die mikrobiologische Tätigkeit einer Kastanienselve. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Vers. wesen 37 (5), 400–418.

- 1962: Zur Bekämpfung von Gräsern und Adlerfarn in der Kastanienzone der Südschweiz mit Hilfe von Unkrautvergilgungsmitteln. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen* 38 (2), 225–251.
- Klotz*, 1961: Läuterung mit Herbiziden in den Buchendickungen des Bayerischen Waldes. *Allg. Forstz.* 16, 69–70.
- Knickmann E.*, 1960: Pflanzenschäden durch Ölverschmutzung von Boden und Wasser. *Umschau in Wiss. u. Technik* 60 (4), 118–119.
- Linden G.* und *Immell R.*, 1960: Versuche zur Bekämpfung von Waldbingelkraut mit Herbiziden. *Allg. Forstz.* 15 (27), 384–385.
- Mader D. L.*, 1959: Effect of Humus Amendments on Growth and Nutrient Uptake of Monterey Pine Seedlings in Biocide Treated Soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 23, 252–253.
- Magee L. A.* und *Colmer A. R.*, 1959: Decomposition of 2,2-dichlorpropionic Acid by Soil Bacteria. *Can. J. Microbiol.* 5, 255–260.
- Mayer F.*, 1957: Zur Wirkungsweise von Trichlorazetat auf die höhere Pflanze. *Z. f. Naturforschung* 12 b (5), 336–346.
- Olberg R.*, 1961: Zur chemischen Bekämpfung von Seegras. *Allg. Forstz.* 16 (49), 704–705.
- Reinecke H.*, 1962: Ergebnisse und Erfahrungen beim praktischen Einsatz chemischer Mittel. *Allg. Forstz.* 17 (41), 651–653.
- Rieben E.*, 1957: La forêt et l'économie pastorale dans le Jura. *Vallorbe*. 250 p.
- Rozsnyay Z.*, 1960: Neue Möglichkeiten bei der chemischen Unkrautbekämpfung im Walde. *Forst- und Holzwirt* 15 (4), 75–76.
- Storch K.* und *Deppenmeier E.*, 1961: Schwerpunkte der chemischen Unkrautbekämpfung. *Forsttechn. Informationen*, Nr. 2/3, Mainz.
- Stundl K.*, 1959: Der Einfluß von Treibstoffen auf die Abbauleistung von Bodenbakterien. *Umschau in Wiss. u. Technik* 59 (18): 568–569.
- Thofern E.*, 1962: Über Boden- und Wasserbeeinflussung durch Dieselöl. *Allg. Forstz.* 17 (13/14), 214–217.
- Woelfle M.*, 1961: a) Wald — Wasser — Dieselöl. *Allg. Forstz.* 16 (16), 257–259.
— 1961: b) Diskussionsbeitrag zu: *Günther G.*, Möglichkeiten und Probleme chemischer Unkrautbekämpfung im Waldbau. *Jahresbericht Bayer. Forstver.* 1960/1961, p. 138–141.
- Würgler W.*, 1956: Die Vernichtung unerwünschter Sträucher auf Alpweiden. *Mitt. f. d. Schweiz. Landwirtschaft* 4 (1), 1–5.