

Pflanzen

Apis und Bombus, die ersten Schweizer Weissklee-Sorten

Beat Boller, Franz Schubiger und Peter Tanner, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich
Auskünfte: Beat Boller, E-Mail: beat.boller@art.admin.ch, Fax +41 44 377 72 01, Tel. +41 44 377 71 11

Zusammenfassung

Mit Apis und Bombus kommen zum ersten Mal zwei Weissklee-Sorten aus Schweizer Züchtung auf den Saatgutmarkt. Apis stammt ausschliesslich von Ökotypen aus Schweizer Naturwiesen ab, die 1989 gesammelt worden waren; Bombus geht auf Pflanzen der Sorte Ladino zurück, die sich unter starker Konkurrenz hoch wachsender Gräser in Parzellenversuchen behaupten konnten. Bei der Schaffung der beiden Sorten wurde nur eine begrenzte Zahl Blausäure bildender Individuen berücksichtigt. Dadurch bleibt der potenzielle Gehalt an freisetzbare Blausäure innerhalb der für die Sortenempfehlung in der Schweiz tolerierten Bandbreite. Dieses Vorgehen war bei Apis notwendig, weil die besten Herkünfte der Ökotypensammlung besonders reich an Blausäure bildenden Pflanzen waren. Bei Bombus musste der Häufung Blausäure bildender Pflanzen bei der Selektion der viel versprechendsten Individuen entgegengewirkt werden. Beide gehören zur Gruppe der grossblättrigen Weisskleesorten, die Blätter von Bombus sind aber noch deutlich grösser als diejenigen von Apis. Gegenüber der Standardsorte Milo erbringen sie signifikante Mehrträge, vor allem dank einem rascheren Start im Frühjahr und geringeren Winterschäden durch Kleekrebs. Durch den Einsatz der neuen Sorten in Gras-Weissklee-Mischungen kann der erwünschte Weisskleeanteil mit erhöhter Sicherheit erreicht werden.

Der Weissklee (*Trifolium repens* L.) ist die wichtigste Leguminose für den intensiven Futterbau im gemässigten Klimagebiet. Im intensiven Naturfutterbau ist er oft die einzige namhaft vertretene Kleeart. Er erträgt sowohl häufige Schnittnutzung als auch Beweidung und ist deshalb eine tragende Komponente der Gras-Weissklee-Mischungen, die in der Schweiz von allen Kunstfutterbau-Mischungen am meisten angebaut werden. Man unterscheidet gross- beziehungsweise mittel- bis kleinblättrige Formen, die meist in Kombination verwendet werden, wobei der grössere Mischungsanteil den grossblättrigen Formen zugedacht ist.

In den Zuchtprogrammen der Forschungsanstalten Agroscope nahm seit Beginn der Rotklee (*Trifolium pratense*) eine seiner traditionellen Anbaubedeutung entsprechende, wichtige Stellung ein (Boller 2000). Demgegenüber schenkte man dem Weissklee im Kunstfut-

terbau lange Zeit wenig Beachtung. Erst mit dem verstärkten Aufkommen der Gras-Weissklee-Mischungen entstand in den 1970er Jahren das Bedürfnis nach einem breiteren Sortenangebot (Lehmann und Charles 1977). Die empfohlenen und in der Schweiz angebauten Sorten stammten seither vorwiegend aus Italien, USA und Skandinavien (Lehmann *et al.* 1995). Besonders die oft hohe Kleekrebsanfälligkeit und damit verbundene fehlende Winterfestigkeit der grossblättrigen Sortentypen unter unseren Bedingungen verstärkten den Wunsch nach lokal angepassten, eigenen Weisskleesorten.

Seit 1990 betreiben wir deshalb am Reckenholz eine systematische Weisskleezüchtung mit dem Ziel, das Potenzial der einheimischen Wildformen in schweizerischen Sorten umzusetzen. Hier stellen wir mit Apis und Bombus die beiden ersten Sorten aus diesem Programm vor. Beide er-

brachten in der Sortenprüfungsreihe 1997 bis 1999 sehr gute Resultate, die ihre Empfehlung für den Anbau in der Schweiz rechtfertigten (Mosimann *et al.* 2000). Seit 2002 beziehungsweise 2003 sind sie aufgrund der erfolgreich abgeschlossenen Registerprüfung auf Unterscheidbarkeit und Homogenität auch offiziell zugelassen. Ihre guten agronomischen Leistungen wurden in der neuesten Sortenprüfungsreihe bestätigt (Suter *et al.* 2006).

Selektion auf limitierte Blausäurebildung

In der Schweiz werden nur Weisskleesorten für den Anbau empfohlen, deren potenzielle Blausäurebildung den durch eine Referenzsorte gegebenen Schwellenwert nicht signifikant überschreitet (Suter *et al.* 2006). Diese Einschränkung gründet sich auf der möglichen Gefährdung der Tiergesundheit beim Verzehr von sehr weissklee reichem Futter (Lehmann *et al.* 1990). Deshalb achten wir bei der Weisskleezüchtung von Beginn an darauf, den potenziellen Blausäuregehalt durch die Selektion zu limitieren.

Die Blausäurebildung beruht auf zwei unabhängig vererbten Faktoren (Atwood und Sullivan 1943), nämlich dem Gehalt an cyanogenen Glykosiden und dem Vorhandensein des spezifischen, Blausäure abspaltenden Enzyms β -Glucosidase. Beide Faktoren müssen in einer Pflanze vorliegen, damit Blausäure bei einer Verletzung gebildet wird und ihre abschreckende Wirkung auf Schädlinge wie Schnecken entfalten kann. Für die möglichen nega-

tiven Auswirkungen auf das Tier ist hingegen nur der Gehalt an cyanogenen Glykosiden wesentlich, weil im Pansen genügend β -Glucosidase aktiv ist (Schubiger *et al.* 1997). Bei der Selektion auf limitierte Blausäurebildung beachten wir deshalb hauptsächlich das Vorhandensein der cyanogenen Glykoside. Dabei machen wir uns die Tatsache zu Nutzen, dass ein einziges Gen, mit «Ac» bezeichnet, für das Vorhandensein oder das gänzliche Fehlen der cyanogenen Glykoside verantwortlich ist (Corkill 1942). Das dominante Allel «Ac» codiert für Vorhandensein, das rezessive Allel «ac» für Fehlen der cyanogenen Glykoside. Vorhandensein oder Fehlen der cyanogenen Glykoside kann mit einem einfachen Test an einem einzigen jungen Blatt zuverlässig bestimmt werden (Kakes 1991).

Obschon bei den cyanogenen Pflanzen mit mindestens einem dominanten Allel Ac der absolute Gehalt variieren kann, besteht doch ein enger Zusammenhang zwischen dem Anteil cyanogener Pflanzen in einer Sorte und ihrem potenziellen Blausäuregehalt (Schubiger *et al.* 1997). Durch die Auswahl einer beschränkten Anzahl an cyanogenen Pflanzen für den Aufbau einer Sorte verhindern wir, dass der potenzielle Blausäuregehalt zu hoch wird. Die den Schwellenwert bestimmende Sorte Sonja enthält 67 % cyanogene Pflanzen (Schubiger *et al.* 1997). Um mindestens 33 % acyanogene Pflanzen zu erhalten, das heisst Pflanzen, die für das rezessive Allel ac homozygot sind, sollte das Allel ac in der Population mit einer Häufigkeit von mindestens 57 % ($\sqrt{0,33 \times 100}$) vorkommen, das Allel Ac mit höchstens 43 %. Um dies sicherzustellen, lesen wir in der Regel höchstens 43 % cyanogene Pflanzen aus; damit erreichen wir auch im schlimmsten Fall, nämlich wenn alle ausgelesenen cyanogenen Pflanzen für das Allel Ac homozygot sind, eine Allelhäufigkeit für Ac von höchstens 43 %.

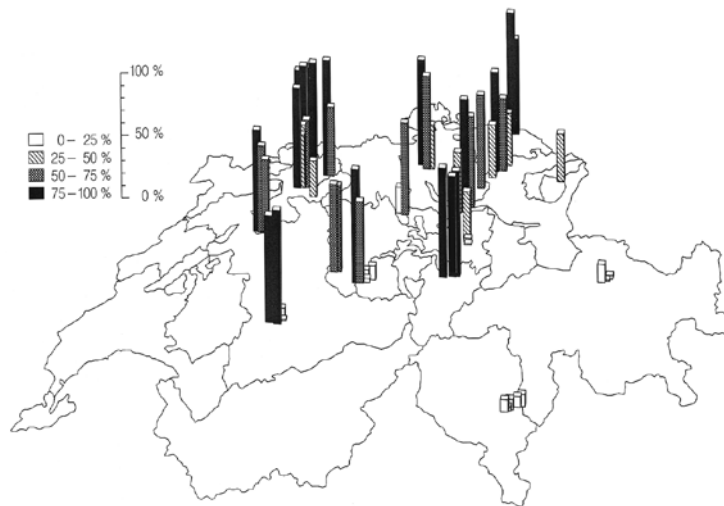


Abb. 1. Anteil blausäurebildender Pflanzen in Populationen von Weissklee aus Naturwiesen und -weiden verschiedener Regionen in der Schweiz. Jede an ihrem Herkunftsort platzierte Säule entspricht einer Population von 60 Pflanzen. Die Höhe der Säulen stellt den Prozentsatz Pflanzen dar, die Blausäure bildende Glykoside enthalten.

Viel Blausäure bei Ökotypen aus Naturwiesen

Pflanzen aus schweizerischen Naturwiesen bilden das Basismaterial für unsere Züchtungsarbeit. Im Gegensatz zum Ladino Weissklee sind cyanogene Weisskleepflanzen in unseren Naturwiesen oft sehr häufig. In einer Untersuchung an 57 Standorten mit je 60 Pflanzen fanden wir im Mittel 52 % cyanogene, das heisst Blausäure bildende Pflanzen (Boller *et al.* 1997). Der Anteil cyanogener Pflanzen variierte je nach Standort sehr stark (Abb. 1), mit Extremwerten von 0 (drei Standorte) bis 100 % (vier Standorte). Bezogen auf die Nutzungsart hatten Heuwiesen mit durchschnittlich 80 % die höchsten Anteile cyanogener Pflanzen. Signifikant geringer war ihr Anteil in Populationen aus häufig geschnittenen oder als Mähweide genutzten Standorten mit 64 %. Am wenigsten häufig waren cyanogene Pflanzen in Sömmerungsweiden mit 4 %. Der hohe Anteil cyanogener Pflanzen in den Heuwiesen deutet darauf hin, dass der Schutz vor Schneckenfrass in dieser eher weissklee-feindlichen Umgebung für das Überleben des Weissklee besonders wichtig ist.

Selektion von Apis aus Schweizer Ökotypen

Im Sommer 1989 sammelten wir an 14 verschiedenen Standorten

in der Schweiz und in Österreich Populationen von Weissklee. Aus diesen zogen wir im Frühjahr 1990 je 60 Einzelpflanzen an und pflanzten diese ins Feld. 1991 wurden von jeder Population Samen als Ramsch aller Pflanzen geerntet, danach wurden je zwölf Pflanzen pro Population zur weiteren Beobachtung in ein Klonbeet verpflanzt. 1992 legten wir mit dem geernteten Saatgut im «Altwi», Rüm-lang, einen Reihenversuch mit sechs Wiederholungen an. Hier zeigten die Ökotypenpopulationen stark unterschiedliche Leistungen (Tab. 1). Die deutlich beste Üppigkeit, verbunden mit geringen Winterschäden und starker Frühjahrsentwicklung, bonitierten wir bei den beiden Herkunftsorten Follen und Mümliswil Ost. Beide stammen aus Heuwiesen im Solothurner Jura. Ihre Blätter waren grösser als die der Sorte Milkanova, aber kleiner als diejenigen von Ladino. Gute Leistungen zeigte auch die grossblättrige Herkunft Bremgarten Nord, ebenfalls aus einer Heuwiese im Jura. Demgegenüber fielen Herkunftsorte aus Weiden oft stark ab, besonders die Ausdauer im zweiten Hauptnutzungsjahr war unbefriedigend. Die Weideherkunftsorte hatten auch deutlich kleinere Blätter, besonders diejenigen aus den Standweiden von Bremgarten. Der Vergleich der drei Bremgartner Herkunftsorte zeigt, wie stark sich die Bewirtschaftung

Tab. 1. Agronomische Leistung von Weissklee-Ökotypen und Zuchtsorten im Reihenversuch und Auswahl von Herkünften für die Züchtung der Sorte Apis

Herkunft	Oekotyp A bis N / Sorte	Nutzung am Herkunfts- standort	Üppigkeit Aussaats- jahr	Üppigkeit 1. Haupt- nutzungs- jahr	Üppigkeit 2. Haupt- nutzungs- jahr	Blattgrösse: 1=sehr klein 9=sehr gross	Winter- schäden	Früh- wuchs	Befall mit Klee- schwärze
Jura	A Bremgarten Nord	Heuwiese	2,68 bcd	3,11 cd	3,23 bcd	4,57 bcde	5,08 cdefg	2,58 bcde	3,27 abcde
Jura	B Bremgarten Süd	Standweide	3,84 ghi	4,54 hi	4,84 f	3,24 g	6,07 fgh	4,20 gh	3,08 abcd
Jura	C Bremgarten West	Standweide	4,33 i	5,00 ij	4,95 f	2,48 h	6,04 fgh	4,19 gh	3,31 abcde
Jura	D Chli Brunnersberg	Häufiger Schnitt	3,44 fgh	3,84 efg	3,51 cd	3,48 fg	4,70 bcde	3,69 fg	2,48 abc
Jura	E Follen	Heuwiese	2,84 cde	2,59 bc	2,45 ab	4,83 bcd	3,91 abc	2,37 bc	2,25 ab
Jura	F Mümliswil Ost	Heuwiese	2,87 cde	2,36 b	2,39 a	5,16 b	3,29 a	2,10 ab	4,54 df
Jura	G Mümliswil West	Umtriebsweide	3,35 efg	4,15 fgh	4,78 f	4,24 de	5,25 defg	3,25 ef	3,44 bcdef
Mittelland	H Reckenholz	Grasversuche	3,22 def	3,42 de	3,62 cd	4,98 bc	5,37 defg	3,02 cdef	4,64 f
Mittelland	I Reckenholz	Zuchtgarten	3,44 fgh	3,59 de	4,84 f	4,40 cde	5,87 efgh	3,02 cdef	2,64 abcd
Mittelland	J Ellighausen	Mähweide	3,35 efg	3,61 def	3,12 abc	4,99 bc	4,58 bcd	2,42 bcd	3,60 cdef
Mittelland	K Kestenholz	Umtriebsweide	3,52 fgh	4,52 hi	4,56 ef	3,99 ef	4,58 bcd	3,42 f	3,94 def
Voralpen	L Grindelwald	Heuwiese	4,07 i	3,77 efg	3,67 cd	4,74 bcd	5,25 defg	3,08 def	2,10 a
Voralpen	M Rigi Kulm	Fussweg	3,94 hi	4,30 gh	3,90 de	3,48 fg	5,04 cdef	3,69 fg	2,98 abcd
Österreich	N Neusiedler See	unbekannt	6,14 j	5,98 k	5,78 g	3,58 fg	6,79 h	4,93 i	2,87 abcd
Irland	Sorte Aran		2,16 ab	1,71 a	2,40 a	6,73 a	3,70 ab	1,85 a	2,31 abc
Italien	Sorte Ladino		2,16 ab	5,42 j	6,56 h	6,48 a	6,04 fgh	4,69 hi	6,14 g
Dänemark	Sorte Milkanova		2,46 abc	3,69 ef	3,67 cd	4,49 cde	6,25 gh	3,25 ef	3,94 def
Zürich	Material Nüesch Ernte 1976		1,94 a	2,63 bc	5,01 fg	6,90 a	6,20 fgh	2,35 abc	4,81 f

Mittelwerte von visuellen Bonituren an sechs Wiederholungen: 1 = stärkste Üppigkeit / geringste Schäden oder Befall; 9 = schwächste Leistung

Mittelwerte in der gleichen Spalte gefolgt von verschiedenen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden.

Fett gedruckte Herkünfte lieferten Pflanzen für die Sorte Apis.

bei sonst ähnlichen Standortbedingungen auf die natürliche Selektion auswirken kann. Dies bestätigen frühere Untersuchungen an einem ähnlichen Vergleichspaar von Herkünften aus dem Baselbieter Jura (Boller *et al.* 1987).

Die Resultate des Reihenversuchs nutzten wir 1993 für die Selektion von Einzelpflanzen (Abb. 2). Aus den besten Herkünften, Mümliswil Ost und Follen, wählten wir im Klonbeet mit den umgepflanzten Originalpflanzen die acht viel versprechendsten Individuen aus und untersuchten sie auf ihre Blausäurebildung. Alle drei Pflanzen von Mümliswil Ost und drei der fünf Pflanzen von Follen bildeten Blausäure. Um in der künftigen Sorte die Blausäurebildung zu beschränken, ergänzten wir deshalb diese Elitepflanzen mit weiteren Individuen ohne Blausäure-

bildung. Mit total 20 Pflanzen aus fünf Herkünften (Tab. 1) legten wir schliesslich einen Polycross (Mehrfachkreuzung) an. Die Samenernte erfolgte klonweise und ermöglichte 1995 die Anlage eines Reihenversuchs zur Nachkommenschaftsprüfung. Aufgrund der Bonituren wurden sieben Nachkommenschaften eliminiert. Die 13 verbleibenden Nachkommenschaften lieferten Saatgut für die spätere Sorte Apis.

Von den 13 Mutterklonen der ausgewählten Nachkommenschaften bildeten fünf Blausäure. Die Untersuchung von 120 Nachkommen lässt schliessen, dass drei der Blausäure bildenden Mutterklone für das dominante Allel Ac homozygot und zwei heterozygot waren. Die erwartete Häufigkeit von Ac in der Sorte beträgt 30,8 %, was 52,1 % Blausäure bildender

Pflanzen entspricht. Tatsächlich bildeten von den 120 untersuchten Pflanzen total 65 oder 54 % Blausäure. Mit einer potenziellen Blausäurebildung von 555 mg/kg Trockensubstanz lag Apis in der Sortenprüfung 2003 bis 2005 (Suter *et al.* 2006) nur unwesentlich über dem Referenzwert von Sonja (513 mg/kg TS).

Entwicklung der Sorte Bombus

Die Sorte Bombus geht auf Material zurück, das vom früheren Futterpflanzenzüchter am Reckenholz, dem verstorbenen Bruno Nüesch, bearbeitet worden war. 1975 sammelte er am Reckenholz Weisskleepflanzen in Parzellenversuchen mit Zuchtstämmen von Italienischem Raigras und Knautgras, denen 0,5 g / m² Ladino Weissklee zugemischt worden war. Die Versuche standen

im zweiten Hauptnutzungsjahr, und es wurden Parzellen berücksichtigt, in denen der Weissklee durch die Gräser stark konkurrenziiert wurde. Mit 75 dieser in Töpfe versetzten Pflanzen wurden im Gewächshaus Paarkreuzungen durchgeführt. Anschliessend wurden die Pflanzen ins Freiland gesetzt und 1976 Saatgut als Ramsch geerntet. Die Nachkommen der Kreuzungen wurden 1976 als Einzelpflanzen angebaut. Es gelang jedoch nicht, darin hervorstechende Pflanzen auszulesen. Die Anlage war bald mit Fremdpflanzen überwuchert und die durch Schneckenfrass geschwächten Pflanzen waren nicht mehr erkennbar. Enttäuscht gab Bruno Nüesch die Weisskleezüchtung wieder auf. Tatsächlich ergab dieses Material in unserer Reihenprüfung (Tab. 1) enttäuschende Resultate. Der Winter setzte ihm ähnlich stark zu wie der wenig winterfesten Sorte Ladino, und im zweiten Hauptnutzungsjahr liess seine Wüchsigkeit stark nach.

Mit dem noch vorhandenen Reservesaatgut von 25 Paarkreuzungen zogen wir jedoch 1990 erneut je zwölf Einzelpflanzen an, die wir im Feld beobachteten. Im Sommer 1991 lasen wir daraus 88 Pflanzen aus, die wir zu fünf Teilen verklonten und weiter beobachteten. 1992 ernteten wir von allen Klonen Saatgut, um damit 1993 Reihen-saaten zur Nachkommenschaftsprüfung und Samenernte 1994 anzulegen. Dieses Material reichten wir unter dem Namen Bombus für die Sortenprüfserie 1997 bis 1999 ein (Mosimann *et al.* 2000). Aufgrund der Ergebnisse der Reihen-saaten sowie der Beobachtungen an den Klonen setzten wir die Selektion noch fort und lasen 1994 acht besonders grossblättrige Klone zu einem Polycross aus. Die Nachkommenschaften dieser acht Klone bilden die endgültige Sorte Bombus, die vermehrt und in der Sortenprüfserie 2003 bis 2005 erneut geprüft wurde (Suter *et al.* 2006).

Von den acht Klonen bildeten aufgrund der Überprüfung der Nachkommenschaften fünf Blausäure, wovon drei für das dominante Allel *Ac* homozygot und zwei heterozygot waren. Die erwartete Häufigkeit des für Blausäure codierenden Allels *Ac* in der Sorte Bombus beträgt also 50 %, was 75 % Blausäure bildenden Pflanzen entspricht. Die beobachtete Häufigkeit lag bei 72,4 %. Diese Werte sind etwas höher als der für die Limitierung der Blausäure auf den Gehalt von Sonja angestrebte Anteil von höchstens 67 % Blausäure bildender Pflanzen. In den Parzellenversuchen zur Sortenprüfung wurde für Bombus ein potenzieller Blausäuregehalt von 647 mg/kg gemessen, für Sonja 513 mg/kg (Suter *et al.* 2006); der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant.

Morphologische Merkmale

Die Beschreibung der beiden Sorten Apis und Bombus wurde in Nordirland erstellt (Tab. 2). Die beiden Sorten unterscheiden sich deutlich in allen mit der Blattgrösse verbundenen Merkmalen. Bombus hat längere und vor allem breitere Fiederblätter als Apis, was sich in einer für Bombus als «sehr gross» beurteilten Blattgrösse äussert, während die Blattgrösse von Apis nur mit «gross» beschrieben wird. Auch Länge und Dicke des Blattstieles werden für Bombus mit einer um je zwei Stufen höheren Ausprägung bewertet. Obschon also beide Sorten auf der empfehlenden Sortenliste in die Gruppe der grossblättrigen Sorten eingeteilt wurden (Suter *et al.* 2006), hat Bombus doch noch wesentlich grössere Blätter als Apis. Dies zeigt sich auch darin, dass Bombus als ähnlich zur sehr grossblättrigen Sorte Lodigiano beurteilt wurde.

Üppiger Wuchs und hoher Ertrag

In den Leistungsprüfungen, die wir als Züchter zwischen 2001



und 2006 an den Standorten Zürich-Reckenholz, Oensingen und Ellighausen durchgeführt haben, waren Apis und Bombus der Vergleichssorte Milo in allen Ertrags- und Üppigkeitsmerkmalen überlegen (Tab. 3), wobei die Differenz fast immer signifikant war und im Lauf der Jahre zunahm. Bombus war jeweils noch ertragsstärker und wuchsfreudiger als Apis. Die Überlegenheit von Bombus war aber im zweiten Hauptnutzungsjahr weniger ausgeprägt und zum Teil nicht signifikant. Auch in der Ausdauer, beurteilt am Ende des zweiten Hauptnutzungsjahres, rangierte Bombus an der Spitze, gefolgt von Apis und, mit grossem Abstand, der Sorte Milo.

Rascher Start dank Kleekrebsresistenz

Am augenfälligsten waren die Vorteile unserer neuen Sorten im frühen Frühjahr. Im Winter werden die Weisskleebestände oft von Kleekrebs geschädigt. Diese Pilzkrankheit, verursacht durch *Sclerotinia trifoliorum*, bringt die Stolonen nesterweise zum Absterben und führt zur Bildung von Bestandeslücken. Apis und Bombus wurden im Mittel von zwölf Bonituren signifikant weniger durch Kleekrebs geschädigt als Milo (Abb. 3). Apis wurde noch etwas günstiger beurteilt als Bombus, der Unterschied war aber nicht signifikant. Bei hohem Befallsdruck nahm der Vorteil der neuen Sorten gegenüber Milo stark zu (Abb. 3). Die Schäden durch Kleekrebs wurden bei Apis und

Abb. 2. Selektion von Einzelpflanzen von Weissklee zu offener Abblüte. Ein Jahr nach der Pflanzung bedeckt jede Pflanze mit ihren Ausläufern ein von Knaulgras-Doppelreihen begrenztes Quadrat von 1,4 m Seitenlänge. (Foto: Franz Schubiger, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

Tab. 2. Sortenbeschreibungen nach den Richtlinien der UPOV (Internationaler Verband zum Schutz von Pflanzenzüchtungen)

Nr. ¹⁾	Nat. UPOV Nr.	Eigenschaft	Apis	Bombus
		Ploidie	tetraploid	tetraploid
5		Pflanze: Anteil Pflanzen mit weisser Blattzeichnung	81 %	89 %
6	4	Pflanze: Zeitpunkt der Blüte	7 spät	7 spät
7	5	Pflanze: Höhe bei der Blüte	7 hoch	7 hoch
8	6	Pflanze: Breite bei der Blüte	7 breit	7 breit
14	8	Blatt: Länge des mittleren Fiederblattes	7 lang	9 sehr lang
15	9	Blatt: Breite des mittleren Fiederblattes	5 mittel	9 sehr breit
13	10	Blatt: Dicke des Blattstiels	5 mittel	7 dick
11	11	Stengel: Dicke des Ausläufers (Stolons)	7 dick	7 dick
12	13	Blatt: Länge des Blattstiels	5 mittel	7 lang
	21	Blatt: Form der Fiederblätter	9 sehr rundlich	9 sehr rundlich
16	23	Blatt: Grösse des mittleren Fiederblattes	7 gross	9 sehr gross
		Ähnliche Sorten	Merwi	Lodigiano
		Ort und Jahre der Prüfung	Crossnacreevy (UK) 1999 bis 2002	Crossnacreevy (UK) 2001 bis 2003

¹⁾ Merkmalsnummer nach Richtlinie TG/38/7 der UPOV vom 9. April 2003

Tab. 3. Ertrag, Üppigkeit, Ausdauer und Krankheitsresistenz der neuen Sorten Apis und Bombus im Vergleich zur Standardsorte Milo

	Apis	Bombus	Milo
Ertrag H1, dt Trockenmasse/ha (1. Hauptnutzungsjahr) ¹	83,9 b	90,9 a	81,3 b
Ertrag H2, dt Trockenmasse/ha (2. Hauptnutzungsjahr) ²	54,5 a	58,9 a	48,5 b
Üppigkeit H1, Note ³ (Mittelwert 5 Aufwüchse)	2,73 b	1,78 a	3,65 c
Üppigkeit H2, Note ³ (Mittelwert 5 Aufwüchse)	3,49 b	2,88 a	4,68 c
Wuchsfreude im Frühjahr, 1. Hauptnutzungsjahr ³	3,33 b	2,59 a	4,33 c
Wuchsfreude im Frühjahr, 2. Hauptnutzungsjahr ³	3,77 a	3,63 a	5,17 b
Ausdauer ³	3,71 b	2,83 a	5,21 c
Anfälligkeit für Kleeschwärze ³ (<i>Cymadothea trifolii</i>)	3,09 a	3,63 a	2,87 a
Anfälligkeit für Kleekrebs ³ (<i>Sclerotinia trifoliorum</i>)	2,71 a	2,90 a	3,45 b

¹Summe von vier bis sechs Schnitten ²Summe von drei bis fünf Schnitten ³Bei allen Noten bedeutet 1 die beste, 9 die schlechteste Note. Mittelwerte in der gleichen Zeile gefolgt von verschiedenen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden.

Bombus kaum stärker als mit der Note 4 (schwach bis mittel) bewertet, auch wenn der Befall von Milo auf eine Stufe 6 (mittel bis stark) anstieg.

Dank gesunden Pflanzen startet das Wachstum von Apis und Bom-

bus im Frühjahr sehr rasch, und bei Bonituren der Wuchsfreude im Frühjahr schneiden die beiden Sorten markant besser ab als die Standardsorte Milo (Tab. 3). Einzig in der Beurteilung der Anfälligkeit gegenüber der Kleeschwärze, verursacht durch den Pilz *Cymadothea trifolii*, zeigte sich ein kleiner Nachteil für die neuen Sorten. Obschon Bombus von den drei Sorten am schlechtesten beurteilt wurde, war jedoch die Differenz zur Sorte Milo statistisch nicht signifikant.

Potenzial für den Einsatz in Mischungen

Die gute Wüchsigkeit der neuen Sorten, die sich im Ertrag, der Üppigkeitsbonitur und der Ausdauer ausdrückte, verspricht eine gute Konkurrenzkraft in den Mischungen mit Gräsern. Besonders das starke Frühjahrswachstum, unterstützt durch die hohe Kleekrebsfestigkeit, wirkt sich dabei positiv aus. Weil der Weissklee sich unter der Konkurrenz der Gräser in den Mischungen im allgemeinen eher langsam etabliert, hilft der Einsatz der neuen, ertragreichen Sorten mit, den erwünschten Kleeanteil rasch zu sichern.

Sowohl Apis als auch Bombus wurden in der Gruppe der grossblättrigen Sorten eingeteilt und können in sämtlichen Mischungen eingesetzt werden, in denen grossblättriger Weissklee vorgesehen ist. Apis hat jedoch kleinere Blätter als Bombus und könnte vermutlich ohne Nachteil in diesen Mischungen auch als alleinige Weisskleeart eingesetzt werden. Dies würde bei einigen Rezepten die Zusammenstellung von Mischungen mit ausschliesslich Schweizer Sorten ermöglichen. Die Verfügbarkeit unserer neuen grossblättrigen Sorten, deren Ausdauer und Winterfestigkeit derjenigen der besten kleinblättrigen Sorten nahe kommt (Suter *et al.* 2006), könnte zum Anlass genommen werden, die Notwendigkeit der Berücksichtigung gross- und kleinblättriger Sorten von Weissklee in Mischungen zu überdenken. Ursprünglich war die mangelnde Winterfestigkeit und damit verbundene unsichere Ausdauer der grossblättrigen Ladino-Typen von Weissklee der Anlass, die Beimischung einer kleinblättrigen Sorte zu empfehlen (Lehmann und Charles 1977).

Kontrolliert erhöhter Blausäuregehalt

Bei der Selektion von Apis und Bombus mussten gezielte Anstrengungen unternommen werden, den Blausäuregehalt zu limitieren. Da die Blausäurebildung die Pflanzen vor Schneckenfrass schützt, tendiert man bei der Selektion üppiger, blattreicher Pflanzen dazu, Blausäure bildende Pflanzen zu bevorzugen. Apis und Bombus weisen innerhalb der empfohlenen, grossblättrigen Sorten die höchsten Gehalte auf, dank gezielter Selektion blausäurefreier Individuen wird aber die für die Verhinderung gesundheitlicher Schäden gesetzte Sicherheitslimite nicht überschritten. Dadurch kann die abschreckende Wirkung der Blausäurebildung auf Schnecken vorteilhaft genutzt werden. Der hohe Anteil Blausäure bildender Typen

in wenig häufig geschnittenen Naturwiesen (Abb. 1) weist darauf hin, dass dies für die Sicherung eines ausreichenden Weisskleeanteils unter starker Konkurrenz günstig ist.

Literatur

- Atwood S.S. & Sullivan J.T., 1943. Inheritance of a cyanogenic glucoside and its hydrolysing enzyme in *Trifolium repens*. *Journal of Heredity* **34**, 311-320.
- Boller B., 2000. Altes und Neues vom schweizerischen Mattenklee, einer ausdauernden Form des Kultur-Rotklee. *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* **145**, 143-151.
- Boller B.C., Cadisch G., Weise S. & Nösberger J., 1987. Ertragsbildung und Stickstoff-Fixierung von Weissklee-Ökotypen aus verschiedenen bewirtschafteten Naturwiesen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* **26** (1/2), 181-189.
- Boller B., Skrijka P. & Schubiger F., 1997. Occurrence of cyanogenic glucosides in white clover from natural grassland at different altitudes and management intensities. in: Ecological aspects of breeding fodder crops and

amenity grasses (Hrsg. W. Mlyniec, R. Osinski und Z. Staszewsky), Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzikow, 295-297.

- Corkill L., 1942. Cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.). V. the inheritance of cyanogenesis. *New Zealand Journal of Science and Technology B* **23**, 178-193.
- Kakes P., 1991. A rapid and sensitive method to detect cyanogenesis using microtiterplates. *Biochemical Systematics and Ecology* **19** (6), 519-522.
- Lehmann J. & Charles J.-P., 1977. Sortenprüfung bei Weissklee, 1971 bis 1976. *Mitteilungen für die Schweizer Landwirtschaft* **25** (5), 103-110.
- Lehmann J., Meister E., Gutzwiller A., Jans F. Charles J.-P. & Blum J., 1990. Sollen stark blausäurehaltige Weisskleearten in Grün-Weissklee-Mischungen eingesetzt werden? *Landwirtschaft Schweiz* **3** (10), 559-565.
- Lehmann J., Briner H.-U., Schubiger F.X. & Mosimann E., 1995. Weisskleearten in Prüfung. *Agrarforschung* **2** (4), 133-135.
- Mosimann E., Chalet C., Lehmann J., Briner H.-U. & Schubiger F.X., 2000. Essais variétaux de trèfle blanc (1997-1999). *Revue suisse d'Agriculture* **32** (3), 109-112.

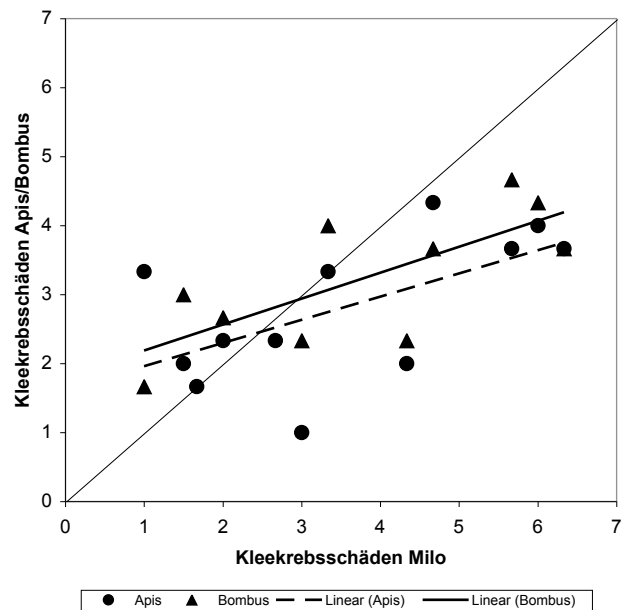


Abb. 3. Kleekrebschäden an Parzellen der Sorten Apis und Bombus im Vergleich zur Standardsorte Milo. Mittelwerte an je drei Wiederholungen bei Vegetationsbeginn nach dem Winter an verschiedenen Versuchsorten und in verschiedenen Jahren.

- Schubiger F.X., Bosshard H.-R. & Lehmann J., 1997. Futterwert von Weissklee. *Agrarforschung* **4** (2), 75-78.
- Suter D., Briner H.-U., Jeangros B. & Mosimann E., 2006. Neue Sorten von Weissklee und Straussgräsern geprüft. *Agrarforschung* **13** (6), 248-253.

RÉSUMÉ

Apis et Bombus, les premières variétés suisses de trèfle blanc

Pour la première fois, deux variétés de trèfle blanc issues d'un programme de sélection suisse, Apis et Bombus, apparaissent au marché de semences. Apis provient exclusivement d'écotypes de prairies naturelles suisses, prospectées en 1989; Bombus remonte à des plantes de la variété Ladino qui ont résisté à la concurrence de graminées de taille haute dans des essais en parcelles. Pour obtenir les deux variétés, on a choisi un nombre limité d'individus cyanogènes pour restreindre la teneur potentielle en acide cyanhydrique au niveau toléré en Suisse pour la liste des variétés recommandées. Ceci était nécessaire pour Apis parce que les meilleures provenances de la collection d'écotypes étaient particulièrement riches en plantes cyanogènes. Pour Bombus, on a dû contrebalancer l'accumulation de plantes cyanogènes au cours de la sélection des individus les plus prometteurs. Les deux variétés sont classées dans le groupe de variétés à grandes feuilles, mais les feuilles de Bombus sont encore nettement plus grandes que celles d'Apis. Par rapport à la variété témoin Milo, elles ont des rendements significativement plus élevés, grâce avant tout à un démarrage très rapide au printemps et des dégâts d'hiver moins graves, liés à une résistance supérieure à la sclérotiniose. En utilisant les nouvelles variétés dans les mélanges graminées-trèfle blanc, on peut atteindre le pourcentage désiré de trèfle blanc dans le couvert végétal avec plus de sécurité.

SUMMARY

Apis and Bombus, the first Swiss cultivars of white clover

For the first time, two Swiss bred cultivars of white clover appear on the seed market: Apis and Bombus. The pedigree of Apis traces back exclusively to ecotypes from Swiss natural grassland, collected in 1989; Bombus originates from plants of the variety Ladino which had resisted to competition by tall growing grasses in plot trials. By selecting a restricted number of cyanogenic individuals, the potential release of hydrocyanic acid was limited to the level tolerated for variety recommendation in Switzerland. This was necessary for Apis because the best ecotype populations were particularly rich in cyanogenic plants. For Bombus, we had to counteract the accumulation of cyanogenic plants which accompanied the selection of the most promising individuals. Both varieties belong to the group of large-leaved varieties. However, the leaves of Bombus are still markedly larger than those of Apis. As compared to the check variety Milo, they yield markedly more dry matter, particularly due to a more rapid departure of vegetation in spring and less winter damage caused by *Sclerotinia*. By utilizing the new varieties, it is possible to obtain the desired proportion of white clover in the sward with greater security.

Key words: Apis, Bombus, cultivars, ecotypes, hydrocyanic acid, Swiss, *Trifolium repens*, white clover