

Das aufgezeigte Verfahren zur Gewinnung von somatischen Embryonen führte zu einer Embryogeneserate von 34,8% (17 Genotypen). Die verschiedenen Entwicklungen von somatischen Embryonen werden von BHOJWANI und RAZDAN (1983) und AHUJA (1991) ausführlich beschrieben. Es zeigte sich, daß in Abwesenheit von 2,4-D keine Embryogenese stattfand. Die wichtige Rolle von 2,4-D für die Embryogenese wurde hiermit bestätigt (MANZANERA et al., 1992), wohingegen BAP hier eher hemmend wirkte. Aufgrund der hohen etablierten Klonzahl von 53 Genotypen der Münsterländer Späteiche werden diese Verfahren in der Forstgenbank NRW als Standardmethoden eingeführt werden.

Die Kultivierung der an den zygotischen Embryonen gebildeten Sprosse von 36 verschiedenen Genotypen auf dem gleichen Multiplikationsmedium (modifiziertes GD-Medium mit 1 µM BAP und 0,5 µM IBA) und eine gleichzeitige Ausdifferenzierung von somatischen Embryonen zu Sprossen mit einer Rate von 41,2% (7 von 17 Genotypen) auf diesem Medium zeigt, daß dieses Verfahren zum Aufbau einer Sammlung mit hoher Klonzahl und zur Vermehrung von Mikrostecklingen der Münsterländer Späteiche praxisreif anwendbar ist. Die Ausdifferenzierung der somatischen Embryonen fand, wie von AHUJA (1993) beschrieben, unter gleichzeitiger Entwicklung von Sproß und Wurzel statt. Diese dabei entstandenen Pflanzen könnten bereits pikiert werden. Dies würde jedoch nicht zur Gewinnung hoher Pflanzenzahlen führen, da die Ausdifferenzierung von somatischen Embryonen zwar methodisch gesichert ist, sich dabei jedoch, wie auch von AHUJA (1993) und JÖRGENSEN (1993) beschrieben, nur vereinzelte somatische Embryonen ausdifferenzieren. Nach erfolgreicher Ausdifferenzierung von somatischen Embryonen erfolgte bei uns daher die Abtrennung des Sprosses von Kallus und Wurzel. Danach durchläuft dieser Sproß eine Multiplikationsphase mit anschließender Bewurzelung nach den erwähnten Standardmethoden. Diese Vorgehensweise führt zu einer effektiveren Pflanzenausbeute. Aus somatischen Embryonen wurden bis Januar 1994 von 2 Genotypen insgesamt 33 Pflanzen produziert. Daneben wurden auf dem Wege der Vermehrung von Sprossen aus zygotischen Embryonen bisher 716 Pflanzen produziert.

Da die Lagerung von Späteichensaatgut nur sehr begrenzt möglich ist (ROHMEDER, 1972), stellt die somatische Embryogenese eine alternative Möglichkeit der Generhaltung dar. Die 17 Genotypen der Münsterländer Späteiche aus somatischer Embryogenese sollen daher zur Generhaltung kryokonserviert (JÖRGENSEN, 1990) und anschließend nach den etablierten Methoden regeneriert werden.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Herrn Dr. A. MEIER-DINKEL für kritische Anmerkungen und die sorgfältige Korrektur des Manuskriptes.

Literatur

- AHUJA, M. R.: Woody Plant Biotechnology. Plenum Press, New York. 1-4 (1991). — AHUJA, M. R. and LIBBY, W. J.: Clonal Forestry. I. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 136-138 (1993). — BHOJWANI, S. S. and RAZDAN, M. K.: Plant Tissue Culture: Theory and Practice. Elsevier Science Publishers B. V. 91-112; 199-235 (1983). — CHALUPA, V.: Large Scale Micropropagation of *Quercus robur* L. using Adenin - Type Cytokinins and Thidiazuron to stimulate shoot proliferation. Biol. Plant. **30** (6): 414-421 (1988). — GRESSHOFF, P. M. and DOY, C. H.: Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (Tomato). Planta **107**: 161-170 (1972). — JÖRGENSEN, J.: Conservation of valuable Gene resources by Cryopreservation in some Forest Tree Species. J. Plant Physiol. **136**, 373-376 (1990). — JÖRGENSEN, J.: Embryogenesis in *Quercus petraea*. Ann. Sci. For. **50** (Suppl. 1), 344-350 (1993). — LLOYD, G. and McCOWN, B.: Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. Proc. Int. Plant. Propag. Soc. **30**: 421-427 (1980). — MANZANERA, J. A., ASTORGA, R. and BUENO, M. A.: Somatic Embryo Induction and Germination in *Quercus suber* L.. Silva Genetica **42**, 90-93 (1993). — MEIER-DINKEL, A., BECKER, B. and DUCKSTEIN, D.: Micropropagation and ex vitro rooting of several clones of late flushing *Quercus robur* L.. Ann. Sci. For. **50** (Suppl. 1), 319-322 (1993). — MURASHIGE, T. and SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. **15**: 473-497 (1962). — ROHMEDER, E.: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Paul Parey, Hamburg und Berlin. 101-104 (1972). — SAN-JOSE, M. C., BALLESTER, A. and VIEITEZ, A. M.: Factors affecting in vitro propagation of *Quercus robur* L.. Tree Physiology **4**, 281-290 (1988). — VIEITEZ, A. M., SAN-JOSE, M. C. and VIEITEZ, E.: In vitro plantlet regeneration from juvenile and mature *Quercus robur* L.. J. Hortic. Sci. **60**: 99-106 (1985).

Systematische Mischung von Klonen in Samenplantagen

Von K.-H. SCHMITZ

Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen,
Dezernat 41 Waldbau, Waldökologie, Postfach 101052, D-45610 Recklinghausen

(Eingegangen 13. Juli 1995)

Zusammenfassung

Mit dem Ziel, die Bestäubungsverhältnisse in einer Samenplantage zu optimieren, wurden verschiedene Verfahren zur Mischung von Klonen entwickelt. Es handelt sich dabei um streng systematische Mischungsverfahren. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der gängigen PC-Mischungsprogramme können die hier vorgestellten Verfahren gedanklich leicht nachvollzogen werden. Die Anwendung und Kontrolle ist deshalb auch ohne PC-Unterstützung möglich. Nachbarschaften zu bestimmten Klonen bzw. Klengruppen lassen sich gezielt ansteuern bzw. vermeiden. Die Anpassungsfähigkeit des

Pflanzplanes an die Form des verfügbaren Areals bleibt weitgehend gewahrt. Die Verfahren vermeiden doppelte direkte Nachbarschaften zu anderen Klonen. Ein Verfahren realisiert das Bestreben, jeden Klon mit den Ramets eines jeden anderen Klones einmal in direkte Nachbarschaft (Distanz = 1,0 Pflanzabstand) zu bringen. Ein weiteres Verfahren berücksichtigt die hohe Infektionsgefahr kompakter Ulmenplantagen durch den *Ascomyceten Ceratocystis ulmi* (Ulmensterben) in Mitteleuropa und zeigt für diese bedrohten Arten eine Möglichkeit der dezentralen Mischung in kleinen, räumlich verteilten Gruppen auf.

Das Verfahren I „Zeilen- und spaltenweise Mischung“ arbeitet mit speziellen Mischungs-Codes, mit deren Hilfe die Zeilen und Spalten einer Matrix umsortiert werden. Die Mischungs-Codes errechnen sich aus der aufgrund des verfügbaren Areal anzuwendenden Anzahl von Zeilen und Spalten der Matrix. Die in der Matrix unterzubringende Folge von Klon-Index-Nummern ist nicht durchgängig, weist aber nur kleine Lücken auf. Die „überzähligen“ Elemente können problemlos zwischen die Varianten der Matrix eingefügt oder zur besseren Anpassung an das verfügbare Areal seitlich angefügt werden. Durch Zeileneinrückung läßt sich eine Umstellung auf den Dreieck-Verband realisieren. Arrondierung durch Verlagerung von Blockteilen ist möglich. Anhand eines Mischungsmusters können die günstigsten Varianten ausgewählt werden, wenn nicht alle realisiert werden sollen. So läßt sich bei ausreichender Klonzahl erreichen, daß im 1. und 2. Ring um die Ramets eines Klones kein Ramet eines anderen Klones 2mal vertreten ist.

Mit dem Verfahren II „Primzahl-Mischungsdreieck“ läßt sich eine vollkommene Mischung der Klone erzielen, in der alle mit allen direkt benachbart sind. Es kann für jede Primzahl erstellt werden. Die unterzubringende Klonzahl N ist jeweils um 1 geringer. Das Verfahren beruht auf dem System sich rechtwinklig kreuzender Zahlenstrahlen. Ihre Anzahl beträgt $(N-1)/2$. Die notwendige Wiederholungsrate beträgt ca. $1/4$ der Klonzahl.

Bei dem Verfahren III „Vektorielle Mischung“ werden 3 Zahlenstrahlen mit N Elementen im gleichseitigen Dreieckverband *innerhalb eines Blockes* miteinander gekreuzt. Durch Kreuzung von weiteren Zahlenstrahlen, bei denen die Differenz zu den Nachbarelementen anders ist, als bei den vorigen, lassen sich neue Varianten des ersten Blocks erzeugen. In ihnen ist jedes Element von einem 6er-Ring mit neuen direkten Nachbarn umgeben. Es lassen sich immer $(N-1)/6$ Varianten des 1. Blocks erstellen, ohne daß es zu doppelten Nachbarschaften im ersten Ring um jedes Element kommt. Bedingt durch die Randwirkung, d. h. einseitig fehlende Nachbarn bei den Elementen an der Außengrenze des Blockes, lassen sich bei Ausführung aller Blockvarianten je nach Klonzahl 70% bis 90% Mischungseffektivität erzielen. Hierdurch soll das Verhältnis der tatsächlich erreichten zu der maximal möglichen Anzahl anderer Klone als direkte Nachbarn eines jeden Klones ausgedrückt werden. Bei 70% Mischungseffektivität ist jeder Klon mit Ramets von 70% der N-1 anderen Klone in direkter Nachbarschaft. Bei höheren Klonzahlen können in der Regel nicht alle Blockvarianten ausgeführt werden. Auch hier können die günstigsten Varianten miteinander kombiniert werden, so daß es zu keinen doppelten Nachbarschaften im 1. und 2. Ring um jedes Element kommt. Die ursprünglich hexagonalen Blöcke werden durch Verlagerung einzelner Elemente oder ganzer Blockteile dem verfügbaren Areal angepaßt. Das für den gleichseitigen Dreieckverband entwickelte Verfahren läßt sich auf den rechtwinkligen Verband umstellen. Natürlich liegen dort nur 2 Zahlenstrahlen überkreuz, so daß jedes Element des Blockes nur 4 statt 6 direkte Nachbarn erhält. Das vektorielle Mischungsverfahren ist ein offenes System. Die Orbitale um den zentralen Klon K lassen sich beliebig erweitern. Die Klonzahlen steigen mit jedem Orbital sprunghaft an (N=19; 37; 61; 91; 127 usw. im Dreieck-Verband).

Das Verfahren IV „Mischung innerhalb isolierter Gruppen“ begegnet der hohen Infektionsgefahr kompakter Ulmenplantagen durch den Erreger des Ulmensterbens. Es ist ausschließlich für die Ulmenarten bestimmt. Das Verfahren setzt auf Verteilung des Risikos durch Verteilung der Klone in kleinen Gruppen über ein großes Gebiet, z. B. ein Wuchsgebiet. Die Mischung der Klone findet innerhalb dieser isolierten Gruppen statt. Mit jeder Wiederholung des in Gruppen aufgeteilten Klonsatzes soll jedes Element der Gruppe mit neuen Nachbarn zusammentreffen. Bei 81 Klonen lassen sich 4 Varianten kreieren, ohne daß es zu doppelten Nachbarschaften kommt. Bei 12 Varianten sind 100% Mischungseffektivität erreicht.

Nach diesem Mischungsverfahren lassen sich auch andere Klonzahlen in abweichenden Gruppengrößen mischen. Das Verfahren basiert auf einer Matrix, die die Index-Nr. der verwendeten Klone enthält. Die Matrix wird von Geraden unterschiedlicher Steigungsgrade durchschnitten. Alle von der Geraden berührten Index-Nr. werden zu einer Gruppe zusammengefaßt.

Summary

With the aim to optimize pollination relations in a seed orchard, various methods for the mixing of clones were developed. They are strictly systematic mixing methods. In contrast to current PC mixing programmes, the mixing methods introduced here can easily be duplicated. Their utilization and control is therefore possible without the help of a PC. Special neighbouring clones or clone groups can be aimed at directly and they can also deliberately be avoided. The adaptability of the planting plan to the nature of the respective area is widely protected. All methods avoid double direct neighbouring to other clones. One of the methods realises the effort to bring every clone once into direct neighbouring with the ramets of every other clone (distance: 1.0 planting space). A further method considers the high infection risk of compact elm plantations through the *Ascomyceten Ceratocystis ulmi* (Elm mortality) in Central Europe and shows for these endangered species a possibility for decentralized mixing in small spaciouly wide-spread groups.

The method I “mixing in lines and columns” works with special mixing codes with the help of which lines and columns in a matrix are sorted in various forms. The mixing codes are calculated from the number of lines and columns in the matrix, which is determined by the respective area. The series of clone-index numbers placed into the matrix is not universal, it shows, however, only small gaps. The “supernumerary” elements can be inserted between the variations of the matrix without problems, or they can be attached to the side in order to achieve an improved adaptation to the respective area. By line indenting, the change to the triangle formation can be realised. Rounding through displacement of block parts is possible. With the help of a mixing pattern the most favourable variations can be chosen, if not all of them are to be realised. By doing so, one can achieve that – in the case of a sufficient number of clones – in the first and second ring around the ramets of a clone no ramet of another clone is represented twice.

With method II “prime number mixing triangle” a complete mixing of the clones, in which they are all direct neighbours, can be achieved. It can be made up for every prime number. The number of clones (N), which are to be placed, is by 1 smaller. The method is based on the system of rectangularly crossing vectors. Their number is $(N-1)/2$. The necessary rate of repetition is approximately $1/4$ of the clone number.

In method III “vectorial mixing” 3 vectors with N elements cross each other in an equilateral triangle *within one Block*. By the crossing of further vectors, whose distance to the neighbouring elements is different from the preceding ones, new variations of the first block can be created. In these variations every element is surrounded by a ring of 6 with new direct neighbours. It is always possible to create $(N-1)/6$ variations of the first block without the case of double neighbouring within the first ring around every element. Caused by the brink effect, i. e. missing neighbours on one side with the elements at the outward border of the block, 70% to 90% mixing effectivity can be achieved with the realisation of all block variations depending on the number of clones. Thus the relationship between the really achieved and the maximum possible number of other clones being direct neighbour of every single clone is to be expressed. With a mixing effectivity of 70% every clone is in direct neighbourhood to 70% of the N-1 other clones.

In case of higher clone numbers, as a rule, not all block variations can be carried out. Also here, the most favourable variations can be combined so that there is no double neighbouring in the first and second ring around every element. The originally hexagonal blocks are adjusted to the respective area by the shifting of single elements or whole block parts. The procedure developed for the equilateral triangle system can be altered for the rectangular system. Naturally only two vectors cross each other there, so that every element of the block receives only 4 instead of 6 direct neighbours.

The vectorial mixing method is an open system. The orbits around the central clone K can be extended at will. The clone numbers increase jerkily with every orbit (N=19; 37; 61; 91; 127, in case of triangle system).

The method IV "mixing within isolated groups" counters the high risk of infection in compact elm seed orchards with the germ for elm mortality. It is exclusively destined to the elm species. The method is based on risk minimation by distributing the clones in small groups over a huge area, e.g. a growth area. The mixing of the clones takes place within these isolated groups. With every repetition of the set of clones divided into groups, every element of the group is to meet with new neighbours. With 81 clones 4 variations can be created without the case of double neighbouring. With 12 variations one achieves a mixing effectivity of 100%. Following this mixing method also varying numbers of clones with varying group size can be mixed. The method is based on a matrix which contains the index No. of the utilized clones. The matrix is crossed by

straight lines of various degrees of ascent. All the index-No. touched by the straight lines are comprised in 1 group.

Key words: systematic mixing, seed orchard, mixing in lines and columns, prime number mixing triangle, vectorial mixing, mixing within isolated groups.

FDC: 232.311.3; 165.441

Einleitung

Anknüpfend an den Artikel „Modulo Tile Constructions for Systematic Seed Orchard Design“ von M. R. NESTER/Australien (1995) möchte der Verfasser einige Entwicklungen zur Diskussion stellen. Die Problematik der Mischung von Klonen in Samenplantagen ist in dem vorgenannten Artikel erschöpfend abgehandelt, weshalb hier darauf verzichtet werden soll. Vorgestellt werden in der LÖBF/LaFAO NW entwickelte Mischungsverfahren für Samenplantagen, die praktisch erprobt wurden.

Zeilen- und spaltenweise Mischung einer Matrix

Methode

Beim zeilen- und spaltenweisen Mischungsverfahren wird blockweise gemischt. Die Reihenfolge der Zeilen und Spalten des Blockes wird nach einem speziellen Code geändert. Der Code soll bewirken, daß gleiche Zeilen und Spalten nicht wieder benachbart werden.

Zeilen-/Spaltenzahl:	5	6 freie, nicht systematische Mischung	7	8
	Mischungs-Codes:	1 2 3 4 5 2 4 1 3 5	1 2 3 4 5 6 7 2 4 8 3 5 7 3 6 2 5 1 4 7	1 2 3 4 5 6 7 8 3 6 1 4 7 2 5 8
	9			10
	11			12
	13			14
	15			16
	17			18
	19			20

Abbildung 1. – Mischungs-Codes für zeilen- und spaltenweise Mischung von Klonen.

Jeder Klon erhält eine Index-Nr. in fortlaufender Reihenfolge. Die Klon-Index-Nummern werden zu einer Matrix geordnet. Deren Anzahl von Zeilen und Spalten richtet sich nach dem verfügbaren Areal, auf dem die Plantage begründet werden soll. Die Zeilen und Spalten werden in fortlaufender Reihenfolge numeriert. Diese originäre Matrix wird nun in der Weise gemischt, daß ganze Zeilen und Spalten umsortiert werden. Die Umsortierung erfolgt mittels spezieller Mischungs-Codes, die in *Abbildung 1* für die Zeilen- oder Spaltenzahl (Z/S-Zahl) von 5 bis 20 dargestellt sind. Der Code enthält jeweils soviele verschiedene Elemente, wie Zeilen oder Spalten der Matrix zugrundegelegt werden. Der 1. Code ist ein Zahlenstrahl von 1 bis n in fortlaufender Reihenfolge und steht für die originäre Matrix. In weiteren Codes wird der Zahlenstrahl in der Weise variiert, daß der Abstand der Elemente jeweils um 1 erhöht wird. Bei Erreichen der höchsten Code-Nr. wird wieder bei 1 zu zählen begonnen. Für die Z/S-Zahl 7 lautet der 2. Code also 2-4-6-1-3-5-7 und der 3. 3-6-2-5-1-4-7. Ist die Z/S-Zahl eine Primzahl, lassen sich immer (n-1)/2 verschiedene Codes erzeugen. Bei allen übrigen Z/S-Zahlen sind die Codes teilweise zyklisch. Für die Z/S-Zahl 8 lautet der 2. Code 2-4-6-8-2-4-6-8 und ist damit nicht anwendbar. Der 3. Code mit 3-6-1-4-7-2-5-8 dagegen ist verwendbar.

Ergebnisse

Die originäre Matrix läßt sich so viele Male variieren, wie nichtzyklische Codes für die Zeilen- und Spaltenzahl mindestens zur Verfügung stehen. Bei 9 Spalten und 11 Zeilen stehen 3 bzw. 5 Mischungs-Codes zur Verfügung. Da die Spalten nur 3mal gemischt werden können, kann die Matrix inclusive der originären Matrix 3mal variiert werden.

Die Kombinationsmöglichkeiten von Zeilen- und Spaltenzahl und die sich daraus ergebende Anzahl möglicher Varianten der Matrix (Blöcke) lassen sich aus *Tabelle 1* ersehen.

In *Abbildung 2* sind die für eine 7x7er-Matrix möglichen 3 Blöcke bzw. für die 5x5er-Matrix möglichen 2 Blöcke dargestellt. Die horizontalen bzw. vertikalen schwarzen mit Nummern versehenen Balken geben den verwendeten Code für den unterhalb bzw. rechts folgenden Block an. In der Realität würden die Blöcke direkt zusammenstehen. Für die Klon-Nr. 25 bzw. 13 sind die Nachbarn I. Grades (1. Ring um das Ramet) durch graue Unterlegung der angrenzenden Pflanzplätze verdeutlicht. Doppelte Nachbarschaften sind hier nicht gegeben. Dies trifft auch für alle anderen Klone zu, da sich aufgrund der gezielten Umsortierung niemals die gleichen Spalten oder Zeilen erneut berühren, auch nicht an den Blockgrenzen.

Durch Zeileneinrückung, wie in *Abbildung 3* dargestellt, ist eine Umstellung auf den Dreieck-Verband möglich. Die dadurch entstehenden Rhomben bzw. Parallelogramme müssen dann allerdings arrondiert werden, indem ein Teil des letzten Blocks (IIIb bzw. IIb) an die gegenüberliegende Seite verlagert wird. Die dortige Anfügung ist nicht mit doppelten Nachbarschaften I. Grades verbunden.

Für die drei 7x7er-Blöcke der *Abbildung 2* (rechtwinkliger Verband) wird versucht, die Belegung der Klone mit Nachbarn I. Grades zu visualisieren. Das Ergebnis ist in *Abbildung 4* dargestellt. Anhand dieses Belegungsmusters läßt sich einfach erkennen, wer mit wem benachbart ist. Damit ist ein Steuerungs- und Kontroll-Element gegeben, mit dem über die Verteilung der Index-Nr. Nachbarschaften I. Grades angesteuert oder vermieden werden können. Soll der Klon Nr. 1 wegen ver-

Tabelle 1. - Zusammenstellung der Kombinationsmöglichkeiten für zeilen- und spaltenweise Mischung von 5 bis 20 Zeilen/Spalten des Blockes.

Zeilen		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Spalten	Block	2x	2x	3x	2x	3x	2x	5x	2x	6x	3x	3x	4x	8x	3x	9x	4x	
5	2x	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
6	2x	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	
7	3x	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	
8	2x	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	
9	3x	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	
10	2x	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
11	5x	55	66	77	88	99	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	
12	2x	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	
13	6x	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	
14	3x	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280	
15	3x	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	
16	4x	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320	
17	8x	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	
18	3x	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360	
19	9x	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323	342	361	380	
20	4x	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	
möglich		Mögliche Anzahl der Klone																
Mögl. Anzahl Blöcke bei Klonzahl		2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
		25	30	35	36	40	42	45	48	49	50	54	55	56	60	63	64	65
Mögl. Anzahl Blöcke bei Klonzahl		2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3
		66	70	72	75	77	78	80	81	84	85	88	90	91	95	96	98	99

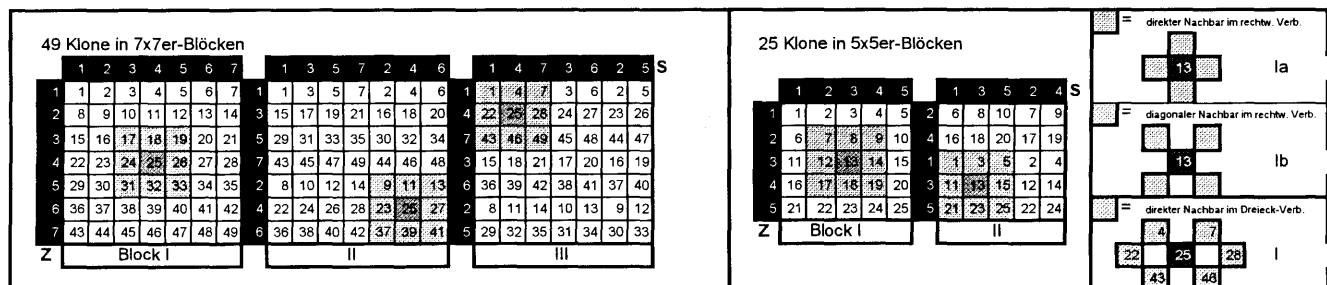


Abbildung 2. - Zeilen- und spaltenweise Mischung im rechtwinkligen Verband.

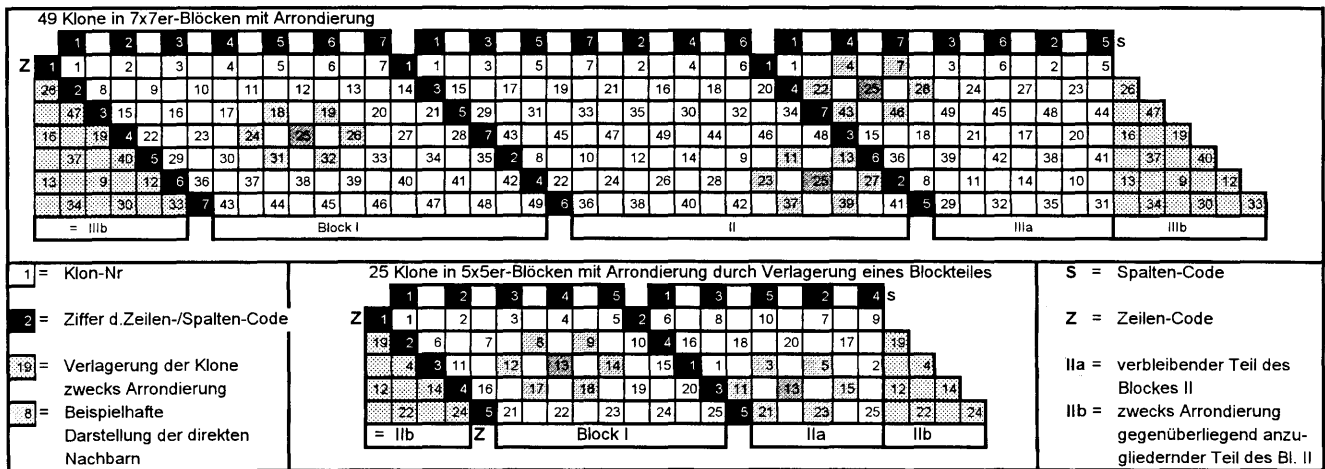


Abbildung 3. – Zeilen- und spaltenweise Mischung im Dreieck-Verband.

wandtschaftlicher Nähe mit einem bestimmten anderen Klon nicht benachbart werden, kann dieser die Index-Zahl 5, 11, 12, 13 usw. entsprechend jedem leeren Kästchen in Spalte oder Zeile 1 erhalten.

Bei der *Abbildung 4* fällt auf, daß die Klone mit den Index-Nr. 1 bis 7 relativ wenige Nachbarn haben. Der Übersichtlichkeit halber wurde in allen 3 Blöcken der Zeilen- bzw. Spalten-Code mit der Nr. 1 begonnen. Die Klone Nr. 1 bis 7 stehen dadurch immer am oberen Rand der Blöcke und haben entsprechend weniger Nachbarn. Klone, deren züchterischer Wert etwas unsicher ist, auf die man zum Zeitpunkt der Anlage aber nicht verzichten möchte, können hier untergebracht werden. Stellt sich nachträglich deren Unbrauchbarkeit heraus, kann die Zeile entnommen werden, ohne daß eine Fehlstelle innerhalb der Plantage entsteht.

In Abwandlung des zuvor Gesagten kann aber von vornherein ohne diese 1. Zeile gearbeitet werden. Die verbleibenden 42 Index-Nr. von 8 bis 49 können dann ebenfalls 3mal gemischt werden, was bei einem regulären Block mit 6 bzw. 7 Zeilen/Spalten nicht möglich wäre. Eine Matrix mit 9 Spalten und 8 Zeilen läßt sich nach *Abbildung 1* regulär nur 2mal mischen, da für die 8 nur 2 Codes verfügbar sind. Auch hier muß man sich damit behelfen, die 1. Zeile in der 9x9er-Matrix wegzulassen und mit Index-Nr. 10 zu beginnen.

In *Abbildung 5* ist ein 10x10er-Block entsprechend den Mischungs-Codes aus *Abbildung 1* aufbereitet worden. Für 10 Zeilen bzw. Spalten stehen jeweils 2 Mischungs-Codes zur Verfügung. An dem Testklon mit der Nr. 63 wird beispielhaft deutlich, daß bis zu den Nachbarn II. Grades keine Übereinstimmung vorhanden ist. Somit hat der Klon Nr. 63 in beiden umgebenden Ringen der Blöcke I und II 48 unterschiedliche Nachbarn als Pollenspender. Wegen der streng systematischen Mischung trifft dies auch für jeden anderen Klon zu, soweit er nicht durch Randlage unvollständige Ringe besitzt und damit entsprechend weniger Nachbarn I. und II. Grades als Pollenspender hat.

Es läßt sich beliebig steuern, welche Klon-Reihe bzw. Klon-Zeile der Matrix in Randlage gerät. Eine oder mehrere Zeilen oder Spalten können auf der einen Seite weggenommen und auf der gegenüberliegenden Seite in gleicher Reihenfolge angefügt werden. Der unter Block I abgebildete Block wurde unter Beibehaltung des vorigen Mischungs-Codes nur überkreuz gespiegelt. Die Mischungs-Codes für die Zeilen und Spalten beginnen nun an anderer Stelle und werden dann, wieder von

vorn beginnend, fortgesetzt. Mischungstechnisch sind beide Blöcke gleichwertig. Die Qualität der Mischung ändert sich ja nur dann, wenn die Differenz zu den Nachbarelementen auf dem Zeilen- und/oder Spalten-Mischungs-Code geändert wird.

Bei der Vergabe der Index-Nr. für die Klone kann die geringere Ausstattung eines Klones mit Ramets berücksichtigt werden. Selbstredend liegen dann die fehlenden Klon-Nr. in den Wiederholungen in Randlage, vorzugsweise in die Ecken, und können einfach weggelassen werden, ohne Löcher im Bestand zu hinterlassen, während das bzw. die vorhandenen Ramets eines geringer bestückten Klones zwecks Optimierung der Bestäubungsverhältnisse möglichst einen Platz in zentraler Lage ggf. durch Umschichtung (nicht Umsortierung) von Zeilen oder Spalten zugeordnet bekommt bzw. bekommen.

Sind mehr Klone bzw. Index-Nr. vorhanden, als die anzuwendende Matrix (Block I) aufnehmen kann, können die Ramets der „überzähligen“ Klone zwischen den Blöcken ein- oder mehrspaltig eingefügt werden. Natürlich können die Ramets des „überzähligen“ Klones auch seitlich angefügt werden. Damit ist es möglich, die Blockgrenzen den Außen Grenzen des Areals besser anzupassen.

Der in *Abbildung 5* unter Block II abgebildete Block ist nur eine Demonstration der Flexibilität in Bezug auf das zur Verfügung stehende Areal. Es können also auch einzelne Elemente des Blockes auf die gegenüberliegende Seite in die gleiche Spalte bzw. Zeile verlagert werden, um so amöboid in die gegebenen Flächenausbuchtungen hineinzuwachsen oder den Grenzvorsprüngen auszuweichen. Natürlich muß jedoch beachtet werden, daß sich ein unregelmäßiger Grenzverlauf zum Nachbarblock ergibt, wenn auch an dieser Nahtstelle der Blöcke Elemente verlagert werden.

Die Qualität der zeilen- und spaltenweisen Mischung läßt sich optisch darstellen. Dies ist in *Abbildung 6* für einen 11x11er-Block geschehen. Im Gegensatz zu den bisherigen Darstellungen sollen hier außer den für Zeilen und Spalten gleichen Mischungs-Codes (obere Reihe) innerhalb eines Blocks für Zeilen und Spalten unterschiedliche Mischungs-Codes zur Anwendung kommen (untere Reihe). Hierdurch erhöhen sich die Variationsmöglichkeiten der Blöcke von 5 auf 25 ($Z/S = 1/1; 1/2; 1/3; 1/4; 1/5$ sowie $Z/S = 2/1; 2/2; 2/3; 2/4; 2/5$ usw.). Es wird deutlich, daß dann allerdings Mischungstechnisch gesehen die meisten Varianten nur spiegelbildliche Ausführungen eines anderen Blockes sind (z. B. $Z/S = 2/4$ und $4/2$). Die spiegelbildlich einander entsprechenden Varianten unterscheiden sich bzgl. der Mischungsqualität nicht voneinander.

Die Ziffern über den abgebildeten Blöcken geben die schon erwähnte Differenz zum Nachbarelement auf dem zur Anwendung kommenden Mischungs-Code an. Um den Testklon K, der stellvertretend für alle anderen Klone steht, werden in der Mischung $Z/S = 1/1$ die Nachbarn I. und II. Grades in Form der grauen und schwarzen Ringe markiert. Bei den übrigen Mischungen $2/2$ bis $5/5$ wird beobachtet, wo sich dort die Nachbarn I. Grades (schwarz) und II. Grades (grau) befinden.

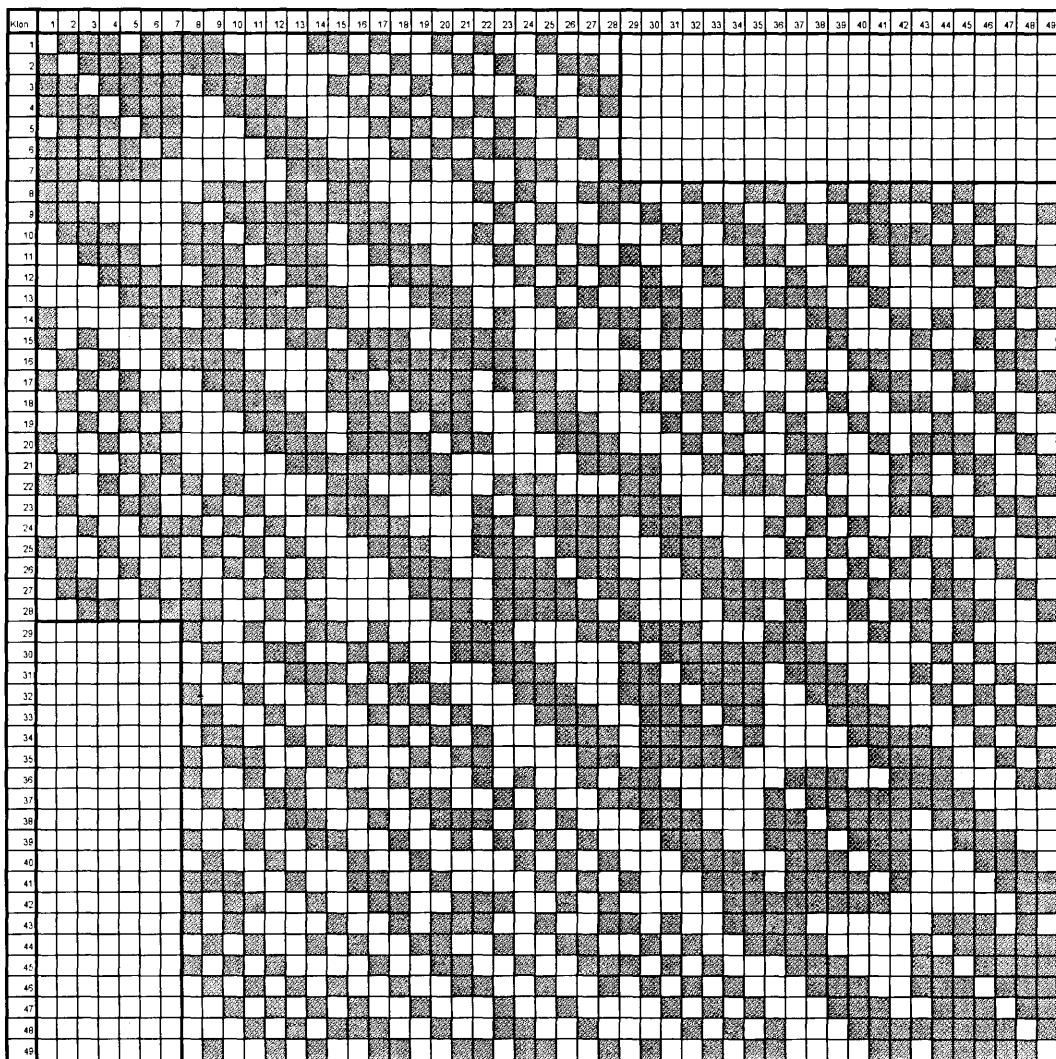
Man sieht an den Mischungsmustern für die Blöcke $Z/S = 1/1$ bis $5/5$ der oberen Reihe, daß die Nachbarn I. Grades ständig wechseln. Da keine Überlagerungen in den Mischungsmustern dieser Blöcke bezüglich Nachbarn I. Grades auftreten, wird es in dieser 5fachen Ausführung auch keine doppelten Nachbarschaften I. Grades geben.

Nun wird es vielfach, insbesondere bei höheren Klonzahlen, eine Notwendigkeit sein, mit weniger Wiederholungen auszukommen, als nach der Anzahl der zur Verfügung stehenden Mischungs-Codes möglich wären. Sollen nur 2 der 5 möglichen Blöcke ausgeführt werden, liegt es nahe, die beiden ersten Blöcke zu realisieren. In diesem Falle sind die 8 Nachbarn

I. Grades im Block $Z/S = 2/2$ aber Nachbarn II. Grades aus Block $Z/S = 1/1$.

Werden nur einige der möglichen Varianten realisiert, stellt sich die Frage, wie bekommt man möglichst wenig doppelte Nachbarschaften auch im zweiten Ring um jeden Klon? In den Blöcken $Z/S = 3/3$ und $4/4$ wird ein Bereich von 2 Ringen um den zentralen Testklon K „freigehalten“. Die in Block $Z/S = 1/1$ gekennzeichneten Nachbarn I. und II. Grades vom Testklon K passen dort ohne Überlagerung (= doppelte Nachbarschaft) jeweils hinein. Gleiches kann auch erreicht werden, wenn die in der unteren Reihe abgebildeten Varianten $Z/S = 1/2$ und $4/5$ oder $3/5$ und $2/4$ miteinander kombiniert werden.

Sollen 3 Blöcke realisiert werden, ist es sinnvoll, $1/1$ mit $4/4$ und $3/5$ zu kombinieren, da nur 4 Klone im 1. und 2. Ring um den Testklon K doppelt vertreten sind. Mit den Mischungsmustern der oberen Reihe in *Abbildung 6* wäre dieses Ergebnis nicht zu erzielen gewesen. Von daher ist es zweckmäßig, für die möglichen Varianten des 11×11 -Blockes Mischungsmuster zu erstellen und diese bezüglich ihrer Kompatibilität miteinander zu überprüfen.



■ (= Nachbar I. Grades)

Abbildung 4. – Belegung der Klone mit Nachbarn I. Grades in 3 7×7 er Blöcken bei zeilen- und spaltenweiser Mischung im Quadratverband.

Die Kompatibilität der Mischungsmuster ist abhängig von der Anzahl der zu realisierenden Varianten und den daraus abzuleitenden Ansprüchen an die Mischungsqualität (keine doppelten Nachbarschaften auch im 2. oder 3. Ring). Um die Mischungsverhältnisse in einer Plantage allgemein optimieren zu können, sollte ein Tabellenwerk für alle gängigen Matrixgrößen und deren gewünschte Anzahl von Varianten erstellt werden!

Primzahl-Mischungsdreieck

Methode

Eine bestimmte Anzahl von Klonen wird mit Index-Zahlen in aufsteigender Reihenfolge versehen. Die Elemente werden zu einem Zahlenstrahl geordnet. Durch Erhöhung der Differenz zu den Nachbar-elementen um 1 erhalten alle Elemente neue Nachbarn. Die Prozedur wird solange wiederholt, bis jedes Element mit allen anderen Elementen mindestens einmal benachbart ist. Die gebildeten Blöcke (= kompletten Klonsätze) in Form von Zahlenstrahlen müssen so geordnet werden, daß sie

- 1.) flächensparend als Kultur realisiert werden können, d. h. in einer kompakten Ausformung, nicht aber in Form durchgängiger Zahlenstrahlen;
- 2.) sich mit möglichst vielen anderen Zahlenstrahlen in einem Element kreuzen, da in dem Schnittpunkt der Zahlenstrahlen soviel Elemente eingespart werden, wie Kreuzungspartner, – gemeint sind hier die Zahlenstrahlen, – hinzukommen;
- 3.) sich an möglichst vielen Stellen des Zahlenstrahls miteinander kreuzen, da der unter 2.) genannte Effekt in jedem Kreuzungspunkt auftritt.

Ergebnisse

Quasi als Nebenprodukt fällt bei der Entwicklung der Mischungs-Codes für Primzahlen die Möglichkeit der vollständigen Mischung aller Klone mit allen anderen an. Wenn man das in *Abbildung 7* dargestellte Dreieck aus der Mischungs-Code-Tabelle für eine Primzahl herausarbeitet, lassen sich

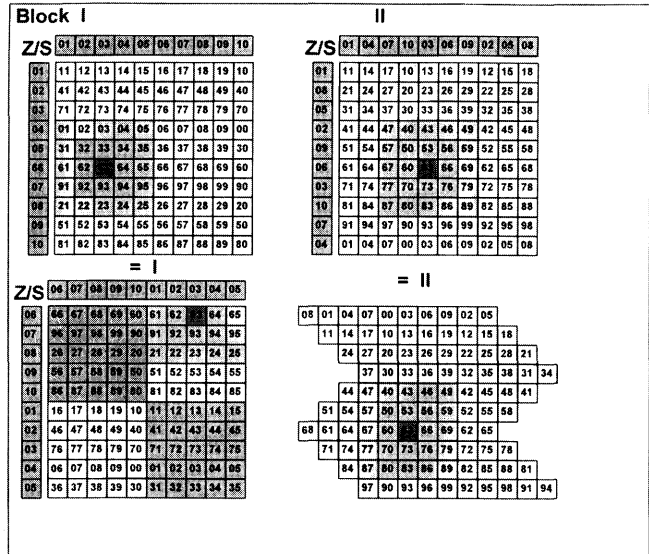


Abbildung 5. – Zeilen- und spaltenweise Mischung von 100 Klonen im rechtwinkligen Verband.

darin alle Zahlenstrahlen mit einer Differenz zu den Nachbar-elementen von 1 bis (N-1)/2 unterbringen. Dies ist gleichbedeutend mit einer vollständigen Mischung. Der Zahlenstrahl 1 geht waagerecht durch, alle anderen beginnen auf dem Zahlenstrahl mit der Differenz 1, gehen senkrecht nach unten bis zum Rand des Dreiecks, sodann waagerecht zum gegenüberliegenden Rand und von dort senkrecht nach oben. In *Abbildung 8* soll dies durch farbliche Unterlegung angedeutet werden. Bei einer Differenz von mehr als (N-1)/2 zu den Nachbar-elementen des Zahlenstrahls ist dieser also rückwärtsgerichtet, somit nur eine Umkehrung desjenigen, an dem er endet. Bei einer Distanz von 1,0 Pflanzabständen steht jeder Klon mit jedem

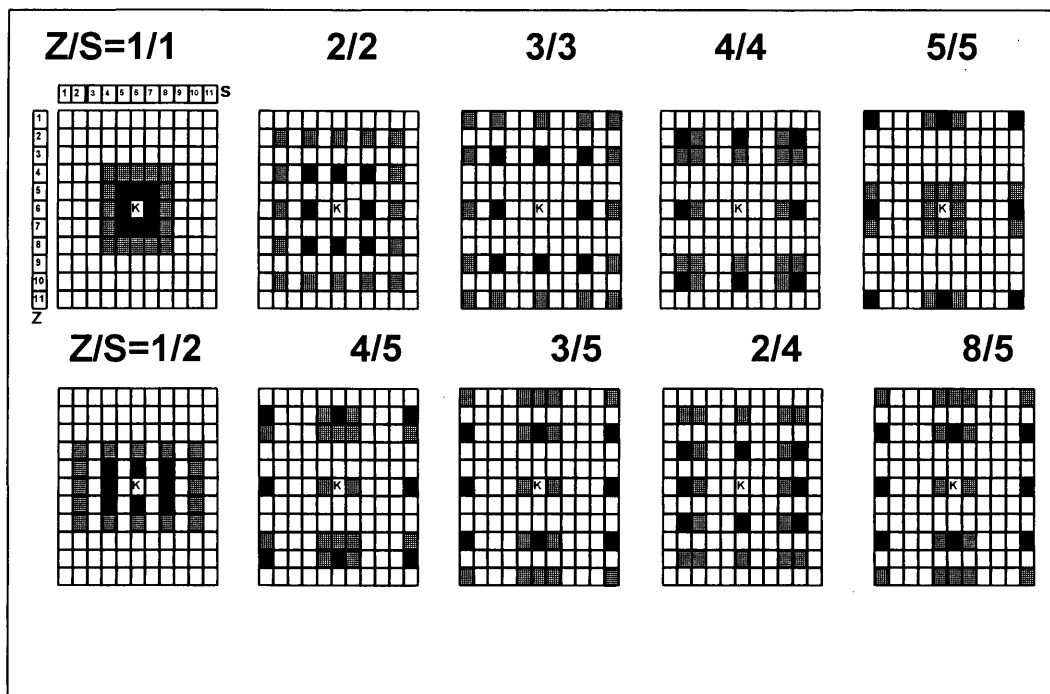


Abbildung 6. – Mischungsmuster bei zeilen- und spaltenweise Mischung im 11x11er-Block.

anderen in der Horizontalen oder Vertikalen nur einmal zusammen. Im 1. Ring ergeben sich diagonal jedoch zusätzliche Nachbarschaften, ausgelöst insbesondere dadurch, daß der Abstand der Ramets eines Klones häufig weniger als 3 Pflanzabstände beträgt. Dies ist in *Abbildung 9* durch schwarze Unterlegung der Kästchen verdeutlicht. Die *Tabellen 2* und *3* enthalten eine Zusammenstellung der entstehenden Nachbarschaften im 1. Ring. Hierbei wurde nochmals unterteilt nach Nachbarn Ia. Grades (dir. Nachb.) und Nachbarn Ib. Grades (diagonale Nachbarn).

																		19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	4	6	8	10	12	14	16	18	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
3	6	9	12	15	18	2	5	8	11	14	17	1	4	7	10	13	16	19
4	8	12	16	1	5	9	13	17	2	6	10	14	18	3	7	11	15	19
5	10	15	1	6	11	16	2	7	12	17	3	8	13	18	4	9	14	19
6	12	18	5	11	17	4	10	16	3	9	15	2	8	14	1	7	13	19
7	14	2	9	16	4	11	18	6	13	1	8	15	3	10	17	5	12	19
8	16	5	13	2	10	18	7	15	4	12	1	9	17	6	14	3	11	19
9	18	8	17	7	16	6	15	5	14	4	13	3	12	2	11	1	10	19

Abbildung 7. – Entstehung des Primzahl-Mischungsreiecks.

																		19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4	6	8	10	12	14	16	18	1	3	5	7	9	11	13	15			
9	12	15	18	2	5	8	11	14	17	1	4	7	10					
16	1	5	9	13	17	2	6	10	14	18	3							
6	11	16	2	7	12	17	3	8	13									
17	4	10	16	3	9	15	2											
11	18	6	13	1	8													
7	15	4	12															
5	14																	

Abbildung 8. – Verlauf der Zahlenstrahlen im Primzahl-Mischungsreieck.

																		19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4	6	8	10	12	14	16	18	1	3	5	7	9	11	13	15			
9	12	15	18	2	5	8	11	14	17	1	4	7	10					
16	1	5	9	13	17	2	6	10	14	18	3							
6	11	16	2	7	12	17	3	8	13									
17	4	10	16	3	9	15	2											
11	18	6	13	1	8													
7	15	4	12															
5	14																	

1 (= Distanz z. nächsten Ramet d. gl. Klones < 3 Pflanzabstände)

Abbildung 9. – Wiederholte Nachbarschaften 1. Grades im Primzahl-Mischungsreieck.

Tabelle 2. – Belegung mit Nachbarn Ia. Grades (Distanz 1,0 Pflanzabstand im Quadratverband) für Primzahl-Mischungsreieck mit 18 Klonen.

Klon-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 3. – Belegung mit Nachbarn Ib. Grades (Distanz 1,41 Pflanzabstände im Quadratverb.) für Primzahl-Mischungsreieck mit 18 Klonen.

Klon-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Das Primzahl-Mischungsreieck läßt sich für alle Primzahlen erstellen. Wegen der starren Form und der relativ hohen Wiederholungsrate von ca. $\frac{1}{4}$ der Klonzahl (Siehe *Tab. 4*) sowie der mehrfachen diagonalen Nachbarschaften wird es in der Form nur für Klonzahlen bis ca. 30 anwendbar sein. Wenn es jedoch gelingt, dieses auf den rechteckigen Verband zugeschnittene Mischungsreieck auf den gleichseitigen Dreieck-Verband umzustellen, wird die Wiederholungsrate von ca. $\frac{1}{4}$ auf ca. $\frac{1}{6}$ der Klonzahl gesenkt.

Tabelle 4. – Wiederholungsrate der Ramets im Primzahl-Mischungsreieck.

Primzahl	Klonzahl	Pflanzplätze i. Dreieck	Wiederholungsrate der Ramets
7	6	12	2
11	10	30	3
13	12	42	3,5
17	16	72	4,5
19	18	90	5
23	22	132	6
29	28	210	7,5
31	30	240	8

Vektorielle Mischung

Methode

Es wird blockweise gemischt. Angewandt wird der gleichseitige Dreieck-Verband, damit 6 statt 4 direkte Nachbarn je Element (im Innern des Blocks) gegeben sind. In jedem Element sollen sich 3 Zahlenstrahlen kreuzen, um möglichst viele Elemente, wie bei Verfahren II beschrieben, einzusparen und die notwendige Wiederholungsrate der Ramets für die angestrebte vollständige Mischung zu senken. Es wird mit einem vektoriellen System gearbeitet. Anhand der *Abbildung 10* soll dies veranschaulicht werden. Die 3 sich kreuzenden Zahlenstrahlen A, B und C haben ihren Ursprung im zentralen Klon K und gehen von dort in die positive und negative Ausrichtung. Da K die höchste Index-Zahl für die Klone repräsentiert, wird von diesem Mittelpunkt aus sodann auf dem positiven Zahlenstrahl wieder mit 1 zu zählen begonnen. Auf der gegenüberliegenden negativen Seite des Zahlenstrahls wird allerdings bei einem Element in gleichweiter Entfernung von K der gleiche Betrag von dem Wert von K abgezogen. Beide Richtungen halten sich so gesehen die Waage und addieren sich immer zu dem Wert von K. Das mit Stern gekennzeichnete Element des Zahlenstrahls ist immer der negative Wert des anderen. Wenn K gleich 37 ist und a=5, dann ist a*=(K-a)=32! Analog gilt dies für die Zahlenstrahlen B und C wie auch für alle Elemente im Hexagon (Form des Blockes), die

sich in K spiegeln lassen, z. B. $c+a$ und a^*+c^* . Aus den Eintragungen im Hexagon wird deutlich, daß die Zahlenstrahlen jeweils für eine Richtung stehen, in der die Elemente berechnet werden. Eins nach oben bedeutet immer Ausgangswert plus a; 1 nach unten minus a, gleichbedeutend mit plus a^* . Nach rechts oben bedeutet immer, egal von welchem Element aus, plus c bzw. minus c^* , nach rechts unten plus b usw. Die Zahlenstrahlen können je nach Anzahl der zu mischenden Klone beliebig um einen weiteren Ring von Elementen (Orbital) erweitert werden. Die Formel für die Berechnung der Anzahl der Pflanzplätze im Hexagon lautet: $N = [(1+2+3+\dots+X*6)]+1$, wobei +1 für den zentralen Klon K steht und X die Anzahl der Orbitale angibt.

Ergebnisse

Die Suche nach den Werten für a und b der Gleichung $a + b = c$ gestaltet sich recht langwierig, da a und b nicht beliebige Werte annehmen dürfen. Sie müssen so gewählt sein, daß jede der in dem Hexagon in *Abbildung 10* eingetragenen Additionen einen anderen Wert (= Indexzahl des Klones) ergibt und die Nummernfolge nicht unterbrochen ist. Es hat sich gezeigt, daß der Wert für a dem Quadrat der Anzahl der Orbitale entsprechen muß (X^2). Der richtige Wert für b ist dann der Wert von a zuzüglich der Anzahl der Orbitale (X^2+X).

Um aus dieser sich dann ergebenden originären Anordnung der Elemente eine andere Mischung zu erzielen, muß ein anderer Wert für a eingegeben werden. An die Stelle des a wird nun z. B. das nächste Element des Zahlenstrahls A gesetzt (2a). In gleicher Weise verändern sich nach der o. g. Formel die anderen Zahlenstrahlen beidseitig vom zentralen Klon K, und es ist

nun in jeder Richtung der vom zentralen Klon K gleichweit entfernte Wert zu zählen ($2a + 2b = 2c$). Das jeweils 2. Element auf dem Zahlenstrahl rutscht eins näher zum zentralen Testklon K, und auf den Zahlenstrahlen selbst ist der Abstand zu den nächsten Elementen verdoppelt. So kann man zunächst auf dem Zahlenstrahl aufsteigend soviel Werte für a finden, wie Orbitale vorhanden sind. Weitere mögliche Werte für a sind dann noch alle in *Abbildung 10* nicht farblich unterlegten Elemente zwischen den Zahlenstrahlen A und C im originären Hexagon des jeweiligen Blockes I. Die Anzahl der Wiederholungsmöglichkeiten ohne doppelte Nachbarschaft I. Grades für alle beteiligten Elemente ergibt sich aus der Anzahl der möglichen Werte für a und beträgt $(N-1)/6$.

Abbildung 11 zeigt neben den von I bis VI gekennzeichneten Orbitalen auch die Distanz des einzelnen Elements (Pflanzplatz) zum zentralen Klon K. Bei hoher Klonzahl und nur 2 geplanten Blöcken wird man zweckmäßigerweise nicht im Orbital II mit Distanz 1,732 bzw. 2,0 Pflanzabständen zum Testklon K nach einem neuen Wert für a in Block II suchen. Man wird diesen vielmehr so wählen, daß in den Orbitalen I und II des Blockes II möglichst die Elemente vertreten sind, die in Block I weit entfernt vom Testklon K stehen. Die neue Berechnung kann deshalb am Testklon K aufgehängt werden, weil dieser stellvertretend für alle anderen Elemente steht. Bekommt er neue vormals weit entfernte Nachbarn, trifft dies im vektoriiellen Mischungssystem auch für alle anderen Klone zu. Es ist eine Folge der sich in jedem Element des Blockes kreuzenden Zahlenstrahlen.

Abbildung 12 enthält die Darstellung von 2 der hier vorhandenen 6 hexagonalen Ringe um den zentralen Klon K mit der

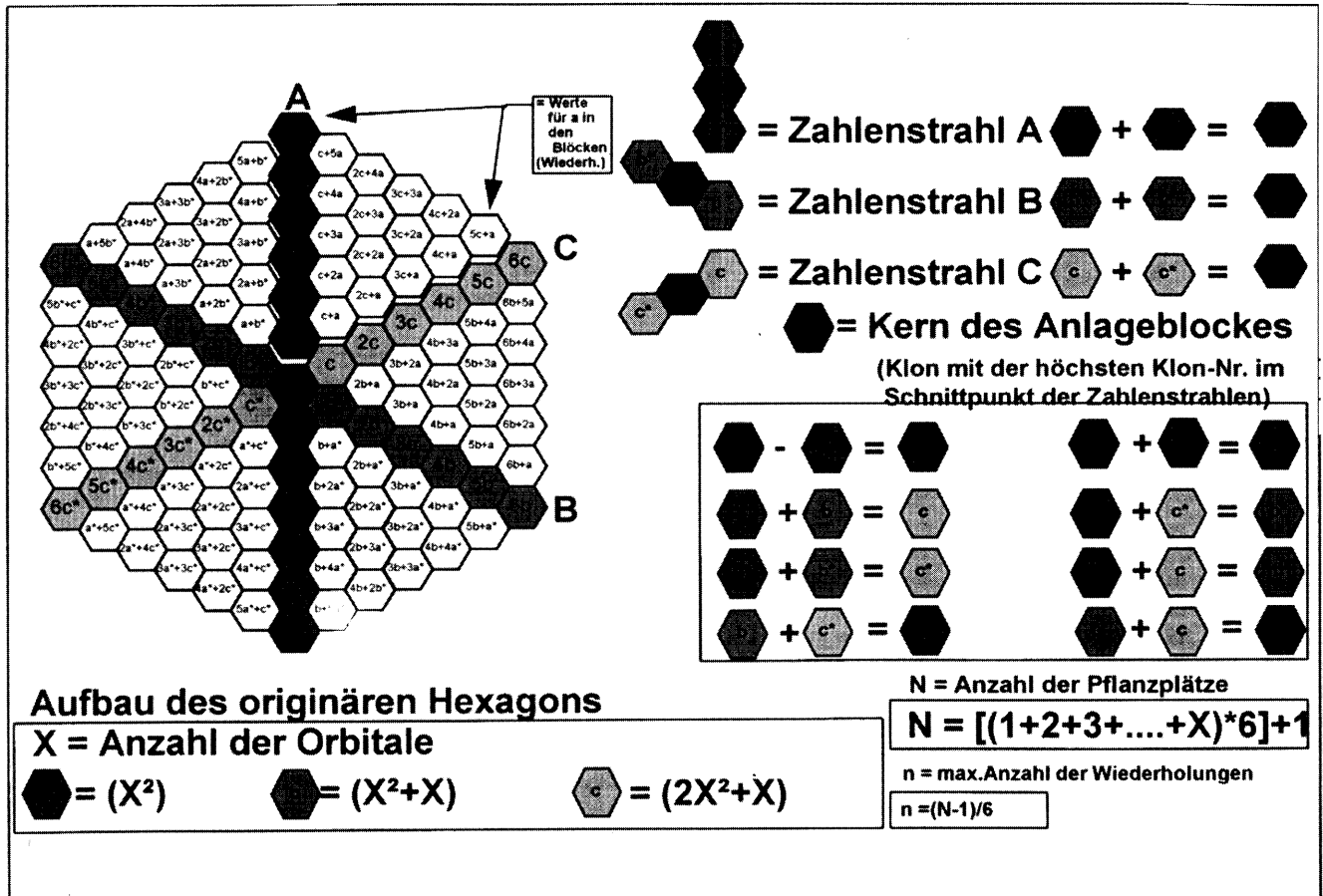


Abbildung 10. – Vektorielle Mischung der Klone in Block I.

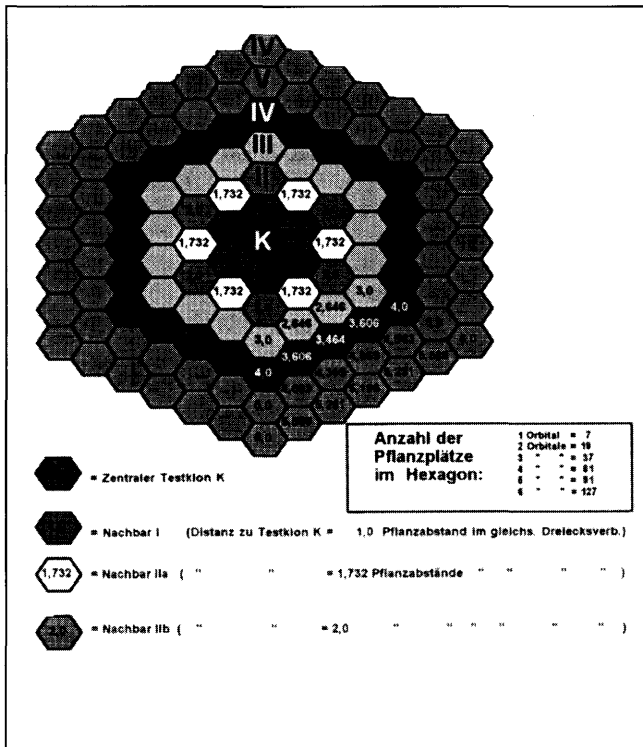


Abbildung 11. – Vektorielle Mischung von Klonen – Darstellung der Orbitale I bis VI –.

Index-Nr. 37. Die beiden dargestellten Ringe zeigen die jeweils zusammengehörigen Elemente der 3 Zahlenstrahlen A, B und C. Wenn a im ersten Block den Wert $X^2 = 9$ annimmt, befinden sich die beiden ausgewählten hexagonalen Ringe in den Orbitalen I und II, wobei die Nr. 9 direkt neben den Nr. 30 und 34 des anderen Ringes steht (Nachbarn I. Grades). In Block II finden sich beide Ringe in Orbital III wieder, sind aber gegeneinander verschoben, so daß die Nr. 9 nunmehr neben der Nr. 33 des anderen Rings steht (links unten). Verfolgt man die beiden Ringe in den übrigen Blöcken, stellt man fest, daß sich die Ringe von Mal zu Mal gegeneinander verschieben bzw. unabhängig voneinander das Orbital wechseln. Auch alle anderen Elemente sind an den Eckpunkten weiterer hexagonaler Ringe aufgehängt, die hier der Übersichtlichkeit wegen nicht eingezeichnet sind. Auch sie drehen sich bzw. wechseln das Orbital. Das 1. Orbital kann nur 1 Ring aufnehmen (Distanz von 1,0 Pflanzabstand zu K), das 2. Orbital kann 2 Ringe aufnehmen (1,732 bzw. 2,0 Pflanzabstände Distanz zu K), das 3. 3 usw. Die Mischung ist solange möglich, bis jeder Ring die freien Plätze in den Orbitalen komplett besetzt hat, also im 1. Orbital 1mal, im 2. Orbital 2mal usw. anzutreffen ist. Es handelt sich bei diesem Mischungsverfahren somit um ein rotierendes pulsierendes System von hexagonalen Ringen, an deren Eckpunkten die Elemente nach der Formel $a + b = c$ aufgehängt sind. Mit Ausnahme des zentralen Klons K, der unbeweglich im Mittelpunkt steht, ggf. auch weggelassen werden könnte, herrschen für alle Elemente einheitliche Mischungstechnische Verhältnisse. Werden alle Mischungsvarianten ausgeführt, sind auch alle Elemente gleichoft in jedem Orbital vertreten, somit auch gleichermaßen von den Randwirkungen des letzten Orbitals betroffen.

Wird der 37er-Block nur 2mal ausgeführt, ist es zweckmäßig, z. B. die Blockvarianten I und II zu wählen. Für diesen Fall besteht bis zu einer Distanz von 1,732 Pflanzabständen

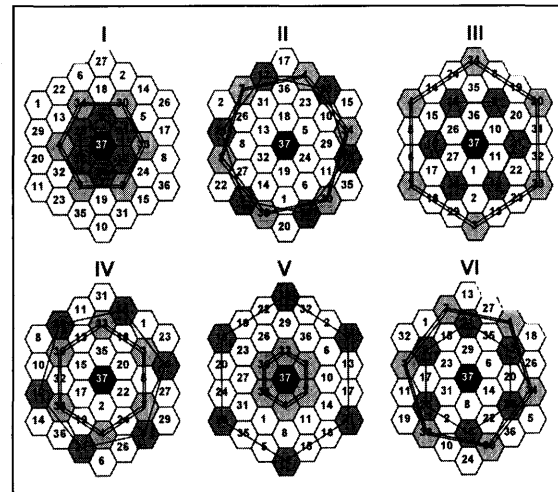


Abbildung 12. – Belegung der Pflanzplätze in den 37er-Blöcken mit Darstellung von 2 der 6 pulsierenden rotierenden hexagonalen Ringe.

keine doppelte Nachbarschaft der Klone. Nicht sinnvoll wäre dagegen die Kombination I und IV.

Die Abbildung 13 gibt Aufschluß über die Mischung der 37 Klone, wenn alle 6 Varianten ausgeführt werden. In der Kopfzeile stehen die Testklone, an denen die Belegung mit den Ramets der anderen Klone überprüft wird. Diejenigen Klone, die unter der jeweiligen Nachbarklon-Nr. farblich gekennzeichnet sind, sind nicht Nachbarn I. Grades des jeweiligen Testklones. Naturgemäß fehlt immer das Ramet des gleichen Klones wie der geprüfte Klon. Ferner fehlt immer das auf dem Zahlenstrahl gleichweit vom zentralen Klon K entfernt liegende mit * gekennzeichnete Pendant, sowie die beiden Nachbarklone desselben im jeweiligen hexagonalen Ring. Die restlichen fehlenden ergeben sich aus den Randwirkungen, da allen Klonen in Randlage Nachbarn in 2 oder 3 Richtungen fehlen. Bemerkenswert ist, daß alle Klone mit Ausnahme von K gleichgestellt sind. Für jeden der 36 auf den Orbitalen ansässigen Klone gibt es 7 Klone, die nicht Nachbarn I. Grades sind. Dies kann auch als willkommene Gelegenheit angesehen werden, dort diejenigen Klone unterzubringen, die aufgrund eventueller verwandtschaftlicher Nähe nicht als Nachbarn in Betracht kommen.

Es stellt sich die Frage, wieviel % einer kompletten Mischung (jeder Klon mit jedem anderen in direkter Nachbarschaft) werden bei Ausführung aller Varianten erreicht. Tabelle 5 soll einen Einblick in die Effektivität des Mischungssystems gewähren. Hinter der im vektorialen Verfahren möglichen Klonzahl in Spalte 1 der Tabelle sind die Anzahl der Klone des hexagonalen Blocks eingetragen, die 3 (Sp. 2), 4 (Sp. 4) oder einen kompletten Ring mit 6 direkten Nachbarn (Sp. 6) haben. In Spalten 8 und 9 lassen sich so die vorhandenen den maximal möglichen Nachbarschaften gegenüberstellen. Die maximal erreichbare Effektivität der Mischung ist in Spalte 10 eingetragen. Spalte 11 enthält die ausgezählten Nachbarklone entsprechend der Abbildung 13. Die Ist-Effektivität ist also gleich der maximal möglichen. Wie nicht anders zu erwarten, steigt der Prozentwert mit zunehmender Blockgröße wegen der geringer werdenden Randwirkungen von 72 auf nahezu 90.

Abbildung 14 zeigt 3 Blöcke mit je 61 Klonen (4 Orbitale). Die Blöcke I und II haben in den Orbitalen I und II keine Übereinstimmung bei den Ramets eines Klones. Auch in Block III gibt es bis zu einer Distanz von 1,732 Pflanzabständen noch keine Übereinstimmung zu den beiden vorigen Blöcken.

Tabelle 7. – Initiale Mischungs-Codes für den ersten Ring des originären Blocks (Hexagon oder Rechteck).

Initialer Mischungs-Code für				
Klonzahl	rechtwinkligen	Verband	Dreieck-Verband	
13	5	12	8	1
17	4	16	13	1
19				
29	12	28	17	1
37	31	36	6	1
41	9	40	32	1
43				
53	23	52	30	1
61	11	60	50	1
67				
73	27	72	46	1
79				
89	34	88	55	1
91				
97				
101	10	100	91	1

oberen Ecke des Hexagons kann nur in der ersten Spalte unter der 5 angefügt werden, die neben der 4 stehende 51 unterhalb der 52 in der letzten Spalte unten. Mit relativ wenig Aufwand läßt sich so eine kompakte oder auch langgestreckte Fläche nutzen. Die verlagerten Elemente sind zur Verdeutlichung in der Abbildung leicht abgesetzt dargestellt. In *Abbildung 16* sind weitere Beispiele für die Gestaltungsmöglichkeit eines 37er-Blockes aufgeführt. Die ursprünglichen Plätze der verlagerten Elemente sind hier nicht farblich unterlegt geblieben.

Bisher wurden die Blöcke mit vektorieller Mischung immer isoliert abgebildet und bezüglich der Nachbarschaften bewertet. Die Blöcke können für sich an voneinander isolierten Plätzen angelegt werden, wenn nicht die für die Zulassung als Samenplantage gültigen rechtlichen Bestimmungen dem entgegenstehen. Hierdurch lassen sich Flächen ausnutzen, die sonst nicht als Plantagenfläche nutzbar wären. Es bietet sich aber an, „überzählige“ Klone, die in den Orbitalen der Blöcke nicht untergebracht werden können, als „Trennmittel“ zwischen den Blöcken zu benutzen. Mit diesen „überzähligen“

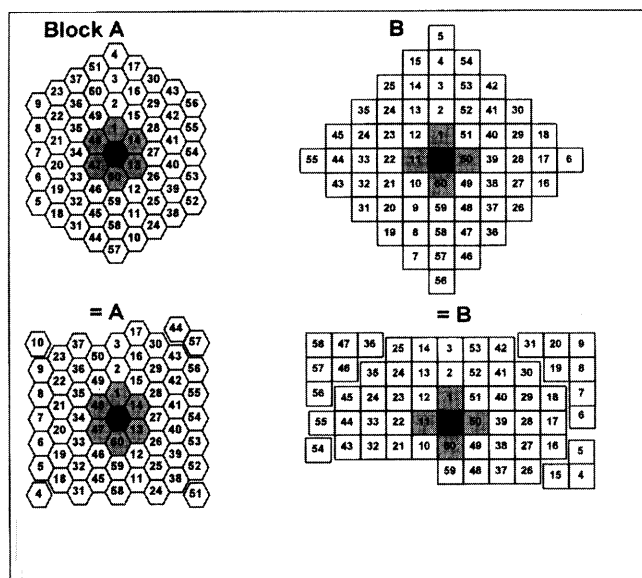


Abbildung 15. – Anordnung in Block I für vektorielle Mischung von 61 Klonen im Dreieck-Verband und rechtwinkligen Verband nach Modulo-Tabelle (= Tab. 6).

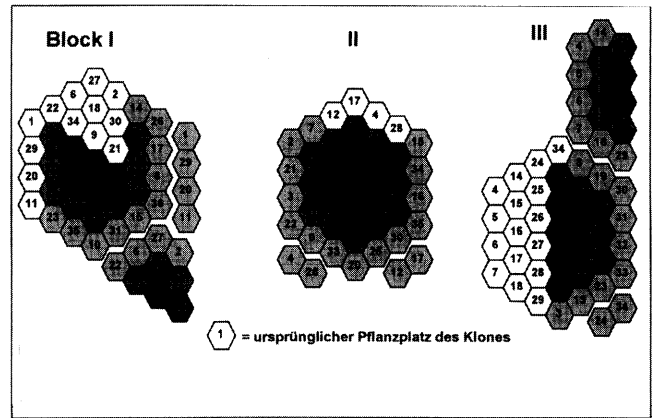


Abbildung 16. – Anpassung der Blöcke an die räumlichen Gegebenheiten durch Verlagerung von Elementen bzw. Blockteilen.

Klonen können ferner die Ränder der Plantage gestaltet, d. h. den Außengrenzen des Areals noch besser angepaßt werden. Natürlich kann man aus einer Blockvariante auch einzelne Elemente herausnehmen und gegen Ramets der „überzähligen“ Klone tauschen. Eine solche Im-/Transplantation fördert die Vermischung beider Gruppen, obwohl diese ohnehin zufriedenstellend ist, wenn eine oder 2 geordnete Spalten mit Klonen zwischen 2 Blockvarianten gelegt werden. Das Zusammenfügen der Blockvarianten und der „überzähligen“ Klone erfordert sorgfältiges Vorgehen und designerisches Geschick.

Mischung in isolierten Gruppen

Methode

Wegen der großen Bedrohung der Ulmenarten durch Infektion mit dem *Ascomyceten Ceratocystis ulmi* (Ulmensterben) wird es in Mitteleuropa künftig erforderlich sein, auf kompakte Plantagen zu verzichten. Von daher stellt sich die Frage, ob es nicht möglich ist, die Mischung der Klone statt in Blöcken besser in kleinen Gruppen zu vollziehen, die dann zur Risikoverteilung über ein großes Gebiet, z. B. ein Wuchsgebiet, ausgebracht werden. Mit einer 9er-Gruppe läßt sich ein Horst in einem Bestand oder eine kleine Randfläche gestalten. Innerhalb einer 9er-Gruppe stehen die Klone auch so dicht zusammen, daß gegenseitige Bestäubungsmöglichkeit (vorausgesetzt, daß sie nicht zeitversetzt blühen) angenommen werden kann. Wenn die Bestäubungsverhältnisse nicht schlechter als in der Plantage sein sollen, muß ein Weg gefunden werden, der sicherstellt, daß sich jeder Klon mit jedem anderen Klon einmal innerhalb der 9er-Gruppe treffen kann, wobei ein erneutes Zusammentreffen möglichst zu vermeiden ist.

Um dies zu bewerkstelligen, wurde zunächst eine 9x9er-Matrix erstellt, wobei die Zahlen von 1 bis 81 die Klon-Nr. symbolisieren. Diese Matrix wird nun mit Geraden unterschiedlicher Steigungsverhältnisse durchzogen, wobei jede „getroffene“ Zahl in die gerade gebildete 9er-Gruppe aufgenommen wird. Tritt der Zahlenstrahl aus der Matrix aus, muß er an der gegenüberliegenden Seite wieder neu angesetzt werden. Durch Parallelverschiebung der Geraden werden die restlichen 8 zu einem „Block“ gehörenden Gruppen gebildet.

Ergebnisse

Es hat sich gezeigt, daß für eine komplette Mischung folgende Steigungsverhältnisse der Geraden zu verwenden sind: 1/1; 1/2; 1/3/1/4; 1/9; 2/1; 2/3; 2/5; 2/7; 3/1; 6/1 und 9/1. Die so zusammengestellten Klon-Nr. sind in *Abbildung 17* gruppenweise

abgebildet. In den „Blöcken“ I bis IV, sofern die Bezeichnung hier erlaubt ist, ergeben sich keine doppelten Nachbarschaften innerhalb der 9er-Gruppen. In den folgenden „Blöcken“ V bis VIII treffen alle Elemente einer 9er-Gruppe 2 andere Elemente dieser Gruppe zum 2. Male an. Dies wiederholt sich in den „Blöcken“ IX bis XII mit den gleichen Elementen. Die erneut auftretenden Elemente lassen sich mit der Z/S-Angabe am rechten Rand für jedes Element leicht bestimmen. 9/1 bedeutet, daß die wiederholte Nachbarschaft zu dem Element besteht, daß in „Block“ I 9 Spalten weiter und eine Zeile tiefer abgebildet ist. Auch hierbei beginnt man wieder vom oberen Ende der Spalte zu zählen, wenn die untere Grenze derselben überschritten wird. In *Abbildung 18* ist zusammengestellt, welche Elemente doppelt bzw. 3fach zusammenkommen, wenn wirklich alle 8 bzw. 12 Varianten ausgeführt werden. Element 1 kommt also bis zu 3mal mit den übrigen 8 Elementen seines Zahlenkreises zusammen, aber nur 1mal mit den Elementen der übrigen 8 Zahlenkreise. Dies gilt analog für jedes andere Element eines beliebigen Zahlenkreises. So läßt sich einfach feststellen, ob Gefahr der doppelten Nachbarschaft zu einem bestimmten Klon besteht oder nicht.

1.	1 4 7	28 31 34	55 58 61
2.	2 5 8	29 32 35	56 59 62
3.	3 6 9	30 33 36	57 60 63
4.	10 13 16	37 40 43	64 67 70
5.	11 14 17	38 41 44	65 68 71
6.	12 15 18	39 42 45	66 69 72
7.	19 22 25	46 49 52	73 76 79
8.	20 23 26	47 50 53	74 77 80
9.	21 24 27	48 51 54	75 78 81

Pflanzmuster für Elemente der o. g. Zahlenkreise zur Vermeidung doppelter Nachbarschaften in 9er-Gruppen

C B C
B A B
A C A

Abbildung 18. – Zahlenkreise der wiederholten Nachbarschaften bei Mischung von 81 Klonen in isolierten 9er-Gruppen.

"Blöcke"	Wiederholte Nachbarschaften
I	Keine
II	Keine
III	Keine
IV	Keine
V	in S/Z A 9/1;18/2
VI	B 9/2;18/1
VII	C 0/1;00/2
VIII	D 9/0;18/0
IX	A 9/1;18/2
X	B 9/2;18/1
XI	C 0/1;00/2
XII	D 9/0;18/0

Abbildung 17. – Mischung innerhalb isolierter 9er-Gruppen.

Eine vollständige Mischung ohne wiederholte Nachbarschaft ist auch theoretisch nicht möglich, da jeder der 81 Klone im Idealfall 80 Nachbarn hat. Bei Zugrundelegung der 9er-Gruppe wären also 10 Varianten erforderlich. Die neuen Nachbarn können aber nur aus 8 weiteren 9er-Gruppen kommen. Zumindest in den Varianten V bis VIII lassen sich die Auswirkungen abmildern, indem nach dem in *Abbildung 18* unten dargestellten Muster gepflanzt wird. Das gleiche Signum bedeutet gemeinsame Zugehörigkeit zu einem Zahlenkreis. Es bietet sich an, die doppelten Nachbarschaften in der Weise auszunutzen, daß man diejenigen Klone erneut zusammenbringt, die sich schwierig kreuzen lassen. In der Regel wird man aber nicht mehr als die ersten 4 Varianten ausführen. Nach gleichem Schema lassen sich auch 5 x 5er- und 7 x 7er-Matrix in 5er- bzw. 7er-Gruppen mischen.

Schlußbemerkung

Zur Gruppe der systematischen Mischungen gehört noch ein weiteres Verfahren, das die spätere Überführung der Plantage in einen plenterartigen Zustand erlaubt. Obwohl bereits praxisreif entwickelt und umgesetzt, muß die Vorstellung dieses Verfahrens aus Umfanggründen einem gesonderten Artikel vorbehalten bleiben.

Ein direkter Vergleich mit den praxisüblichen Verfahren konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht erfolgen. Sie soll aber dazu anregen.

Literatur

NESTER, M. R.: Modulo Tile Constructions for Systematic Seed Orchard Design. *Silvae Genetica* 43 (5/6) 312–321 (1994).

Growth Performance and Wood Characteristics of Five *Pinus contorta* Progenies¹⁾²⁾

By B. R. STEPHAN and M. LIESEBACH³⁾

(Received 19th July 1995)

Summary

In a 36-year old test plantation progenies of 5 open pollinated single trees of *Pinus contorta* DOUGLAS ex LOUDON from Washington (USA) and British Columbia (Canada) were investigated on a site in northern Germany. Several traits were measured or assessed in various years regarding height and diameter growth, branching, fresh weight of biomass as well as some wood characteristics as wood density, annual ring width, late wood percentage and content of soluble substances in the wood. In general, the differences between the progenies were small and not significant, although individual variation between the trees was found. The results correspond very well with the performance and wood traits of *Pinus sylvestris* L. trees of about the same age and on a comparable site.

Key words: Lodgepole pine, Scots pine, differences between progenies, growth characters, wood characters.

FDC: 232.11; 232.12; 181.6; 812; 165.43; 174.7 *Pinus contorta*.

Zusammenfassung

An 36jährigen Nachkommenschaften von 5 frei abgeblühten Einzelbäumen der Baumart *Pinus contorta* aus 2 Herkunftorten von Washington (USA) und British Columbia (Canada) wurden auf einem Versuchsstandort in Norddeutschland im Verlauf mehrerer Jahre Wuchs- und Holzeigenschaften untersucht. Dabei handelte es sich um Wuchshöhen, Durchmesser in verschiedenen Höhen, Astmerkmale, Frischgewicht ganzer Bäume, sowie um die Holzmerkmale Rohdichte, Jahrringbrei-

te, Spätholzanteil und Anteil an löslichen Substanzen im Holz. Die Ergebnisse brachten trotz individueller Variation im Mittel nur geringe Unterschiede zwischen den Nachkommenschaften. Auch der Vergleich mit etwa gleichalten Bäumen von *P. sylvestris* ergab eine weitgehende Übereinstimmung zwischen diesen beiden Kiefernarten.

Introduction

Since the beginning of this century lodgepole pine (*Pinus contorta* DOUGLAS ex LOUDON) from western North America was increasingly planted in central Europe because of the very promising growth performance of this tree species in the Scandinavian countries (see e.g. review by STEPHAN, 1982). The aim of reforestations with *P. contorta* was to increase timber and cellulose production of forests. But for central Europe the plantations and trials showed in general the following results: The growth performance on poor sites was not comparable with Scandinavian results. The origin of the provenances used at that time was often unknown or from very limited regions of the natural range. The growth rate was only good on rich and humid soil, but the species competed on such sites with other native and more valuable tree species, mostly hardwoods. Additionally, *P. contorta* was extremely susceptible to the European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana* DEN. et SCHIFF.) and the trees were susceptible to storm events.

Nevertheless, *P. contorta* is, despite several disadvantages, an interesting forest tree species, especially as a pioneer species for afforestations, or for sites in the highlands endangered by immissions (LATTKE, 1990). Therefore, one should have a better knowledge about traits of growth, form and wood from populations grown outside the natural range. With the exceptions of Scandinavia (e.g. BJÖRKLUND, 1982; PERSSON, 1993) or the United Kingdom (e.g. BRAZIER, 1980) results about

¹⁾ Dedicated to Dr. G. H. MELCHIOR on his 70th birthday

²⁾ A modified version of a paper presented on the IUFRO meeting on "Evolution of breeding strategies for conifers from the Pacific Northwest" at Limoges, France, August 1 to 4, 1995.

³⁾ Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, D-22927 Großhansdorf, Germany