



Abschlussbericht

Züchterische Bearbeitung von Färberpflanzen sowie Extraktion der Farbstoffe und deren Einsatz in der Lederfärbung

Teilvorhaben 1: Züchterische Bearbeitung

Gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Themenblatt-Nr.: 11.33.430 bzw. 42.07.430

Projekt/Förderkennzeichen: 98NR009

Langtitel: **Züchterische Bearbeitung von Färberpflanzen und Extraktion der Farbstoffe sowie deren Einsatz in der Lederfärbung**

Kurztitel: Züchtung und Extraktion von Färberpflanzen

Projekt: Öl-, Energie- und Industriepflanzen

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Abteilung: Pflanzenproduktion

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 9/1999 bis 8/2002

Auftraggeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Bearbeiter: Dipl. Gerberei-Ing. (FH) Michael Conrad
Dr. sc. Günter Wurl
Dipl.-Ing. agr. Andrea Biertümpfel

Jena, im Dezember 2002

(Prof. Dr. Gerhard Breitschuh)
Präsident

(Dr. habil Armin Vetter)
Projektleiter

Inhalt

	Seite	
1	Einleitung	3
2	Berichtsteil Züchtung	4
2.1	Material und Methoden	4
2.2	Ergebnisse	5
2.2.1	Färberhundskamille	5
2.2.1.1	Allgemeines	5
2.2.1.2	Herkunftsprüfung	5
2.2.1.3	Zusammenfassende Betrachtung zur Züchtung von Färberhundskamille	10
2.2.2	Färberwau	10
2.2.2.1	Allgemeines	10
2.2.2.2	Herkunftsscreening	11
2.2.2.3	Linienentwicklung	13
2.2.2.4	Zusammenfassende Betrachtungen zur Züchtung von Färberwau	14
2.2.3	Kanadische Goldrute	15
2.2.3.1	Allgemeines	15
2.2.3.2	Modelluntersuchungen an 'Goldkind'-Klonen	15
2.2.3.3	Einzelpflanzenselektion zur Entwicklung homozygoter 'Goldkind'-Stämme	21
2.2.3.4	Zusammenfassende Betrachtung zur Züchtung der Goldrute	24
2.2.4	Färberknöterich	25
2.2.4.1	Allgemeines	25
2.2.4.2	Erzeugung eines selektionsfähigen Mutationsramsches	25
2.2.4.3	Selektion im der M ₂ und M ₃	26
2.2.4.4	Bestätigungsnachbau	28
2.2.4.5	Zusammenfassende Betrachtung zur Züchtung von Färberknöterich	33
2.3	Diskussion und Schlussfolgerungen	33
3	Berichtsteil Extraktion und Lederfärbung	36
3.1	Material und Methoden	36
3.1.1	Vorbereitung des Hautmaterials	36
3.1.2	Anlagenbeschreibung und Wirkungsweise der Feststoffextraktion	36
3.2	Extraktions- und Färbeversuche	37
3.3	Ergebnisse	41
3.3.1	Farbstoffgehalte der Färberpflanzen und deren Extrakte	41
3.3.2	Auswertung der Färbeversuche	42
3.3.3	Analytische Befunde	59
3.3.3.1	Vorbehandlung der Krappwurzeln	59
3.3.3.2	Ausfärbung des Leders mit den gewonnenen Extrakten	62
3.3.3.3	Testung unterschiedlicher Gerbstoffe	62
3.3.3.4	Holunder (Anlage 48)	62
3.3.3.5	Untersuchung verschiedener Beizvarianten (Vor- und Nachbeize) hinsichtlich ihrer Eignung bei der Lederfärbung (Anlagen 49 und 50)	63
3.3.3.6	Testung von UV-Absorbern (Anlage 51)	63
3.3.3.7	Kleintechnische Versuche (Anlagen 52 bis 73)	63
3.3.3.8	Kompostiersversuche	65
3.4	Diskussion und Schlussfolgerungen	66
4	Zusammenfassung	68
5	Literatur	69

1 Einleitung

Für eine Revitalisierung der Färbung von Textilien, Leder und Papier ist eine preiswerte und massenhafte Bereitstellung von pflanzlichem Material eine wichtige Voraussetzung. Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass eine Auswahl sowohl gelb- als auch blau- und rotfärbender Pflanzenarten gute Chancen hat, diese Prämisse bei einem großflächigen, weitgehend mechanisierten Anbau zu erfüllen.

Noch wichtiger als die mengenmäßig umfangreiche Produktion von pflanzlichem Färbematerial ist dessen Qualität anzusehen. Insbesondere, wenn es, wie im vorliegenden Projekt, um die Färbung von Leder mit Naturfarben geht, sind die bisherigen Verfahren der Farbstoffextraktion mit Wasser bei hohen Temperaturen (80 - 100 °C) während des Färbevorgangs nicht anwendbar. Aus Qualitätsgründen (Schrumpfung des Leders) dürfen die Temperaturen bei der Färbung 40 - 60 °C nicht übersteigen. Um eine möglichst erschöpfende Extraktion des Pflanzenmaterials zu erreichen, müssen organische Lösungsmittel eingesetzt werden. Wasser ist wegen der begrenzten Löslichkeit der Farbstoffe wenig geeignet.

Die teuren Extraktionsmittel machen den Einsatz eines hoch farbstoffhaltigen Materials zwingend erforderlich. Zwar lässt sich die Qualität durch optimierte Anbauverfahren (artgerechte Nährstoffversorgung, Unkrautbekämpfung, optimaler Erntezeitpunkt) und wertstoffschonende Nacherntebehandlung beträchtlich beeinflussen, weitaus größere Fortschritte sind aber nach bisherigem Kenntnisstand durch züchterische Maßnahmen zu erreichen. Die bisher angebauten Herkünfte sind nicht nur morphologisch sehr inhomogen, sondern weisen im Allgemeinen auch noch eine große Variabilität in Bezug auf den Farbstoffgehalt der Einzelpflanzen (EP) auf. Nachdem bereits in einem vorhergehenden Projekt der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) an einem ausgewählten Spektrum von Färberpflanzen leistungsfähige Herkünfte selektiert und ihre Eignung zum Färben von Textilien nachgewiesen wurde, ist es Ziel des vorliegenden Vorhabens, bei Färberknöterich (*Polygonum tinctorium*) für Blaufärbungen und den Gelbfarbstoffpflanzen Färberhundskamille (*Anthemis tinctoria*), Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und eventuell Färberwau (*Reseda luteola*) durch Auslese leistungsfähiger Genotypen stabile Stämme zu entwickeln. Krapp (*Rubia tinctorum*) als Lieferant der 3. Grundfarbe Rot wird in einem weiteren Teilvorhaben des Verbundprojektes durch die Justus-Liebig-Universität Gießen züchterisch bearbeitet.

Das bei den Züchtungsarbeiten anfallende Pflanzenmaterial wurde zur Herstellung von Farbstoffextrakten in einer Feststoffextraktionsanlage verwendet und die gewonnenen Extrakte in der Lederfärbung eingesetzt.

Mit dem Vorhaben sollte untersucht werden, ob die Lederfärbung durch den Einsatz von Naturfarbstoffen umweltfreundlicher gestaltet werden kann und die in Deutschland noch vorhandene Industrie dadurch wieder an Akzeptanz gewinnt. Wegen der erwarteten wirtschaftlichen Bedeutung bildeten die Versuche zur Extraktgewinnung und Lederfärbung mit Naturfarbstoffextrakten den Schwerpunkt des Projektes.

Im vorliegenden Bericht werden die beiden Teilthemen des Vorhabens „Züchtung“ sowie „Extraktion und Lederfärbung“ aufgrund ihrer unterschiedlichen Aufgabenschwerpunkte getrennt behandelt.

2 Berichtsteil Züchtung

2.1 Material und Methoden

Über die Art und den Umfang des bei der züchterischen Bearbeitung der Färberpflanzenarten Färberhundskamille (*Anthemis tinctoria*), Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*), Färberwau (*Reseda luteola*) und Färberknöterich (*Polygonum tinctorium*) verwendeten Materials gibt Tabelle 1 Auskunft.

Tabelle 1: Art und Umfang der züchterischen Bearbeitung von Färberhundskamille, Kanadischer Goldrute, Färberwau und Färberknöterich, Dornburg 2001

Pflanzenart	Maßnahme	Art/Umfang
Färberhundskamille	Prüfung von 15 Herkünften (Pflanzung vorgezogener EP ins Freiland)	5,25 m ² , 4 Wdh.
	→ Blütenpflücke und Ertragsbestimmung	parzellenweise
	→ Farbstoffbestimmung	parzellenweise
	→ Samengewinnung	je 1 Randparzelle
Kanadische Goldrute	Anbau von 19 Goldrute-Klonen der Ziervarietät ‚Goldkind‘ nach Teilung von EP	je 13,5 m ² , 1 Wdh.
	→ Ertragsbestimmung in 2 Schnitten, wenn möglich	parzellenweise
	→ Farbstoffbestimmung	parzellenweise
	→ Isolation von 2 Pflanzen je Klon zur Saatgutgewinnung	einzelpflanzenweise
	Anbau von 23 selektierten ‚Goldkind‘-Einzelpflanzennachkommenschaften mit hohen Farbstoffgehalten 2000 in den Jahren 2001 und 2002	≤ 30 Pflanzen/Prüfglied
	→ Ernte von Einzelpflanzen aus jedem Prüfglied	
	a) z. Z. der Blüte (Ertrags- und Farbstoffbestimmung)	ca. 70 EP
b) z. Z. der Reife (Samenernte) von 2 isolierten Einzelpflanzen/Prüfglied	ca. 40 EP	
Färberwau	Prüfung von 11 Herkünften	5,25 m ² , 4 Wdh.
	→ Ertragsbestimmung	parzellenweise
	→ Farbstoffbestimmung	parzellenweise
	→ Saatgutgewinnung	je 1 Randparzelle
	Beschaffung neuer Herkünfte	5
	Isolierte Anzucht von Einzelpflanzen	20
Färberknöterich	Anbau von M ₂ -Pflanzen, die aufgrund ihres hohen Indicangehaltes 2000 und 2001 selektiert wurden (Gewächshausanzucht, Pflanzung 30 x 30 cm) in den Jahren 2001 und 2002	25 Prüfglieder, je 30 Pflanzen (2001) bzw. 50 Prüfglieder, 2 x 5,25 m ² (2002)
	→ Farbstoffbestimmung (2 x)	25
	→ Ernte aller Pflanzen der 2001 bestätigten Mutanten zur Saatgutgewinnung	5 Prüfglieder, alle Pflanzen
	→ Ernte der unbestätigten Mutanten zur Saatgutgewinnung	20, je 5 Pflanzen
	Anbau von M ₃ -Pflanzen (Gewächshausanzucht, Pflanzung 30 x 30 cm)	ca. 5.000 EP
	→ Farbstoffbestimmung an ausgewählten Mutanten	302 EP
	→ Separate Samenernte an ausgewählten Mutanten zwecks Bestätigungsanbau	302 EP

Es handelt sich im Wesentlichen um eine Fortsetzung der im Jahr 2000 begonnenen Versuche. Weitere Einzelheiten zur Versuchsdurchführung sind auch bei der Darstellung der einzelnen Arten enthalten. Beim Anbau, der Düngung und der Nacherntebehandlung wurden die in anderen Färberpflanzenprojekten der TLL gewonnenen Erkenntnisse berücksichtigt. Auf eine detaillierte Wiedergabe wird an dieser Stelle verzichtet.

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Färberhundskamille

2.2.1.1 Allgemeines

Bei Färberhundskamille besteht eine sehr geringe Variabilität hinsichtlich des Farbstoffgehaltes und des Farbstoffertrages der Einzelpflanzen (EP) innerhalb der einzelnen Herkünfte. Zwischen ihnen existieren jedoch gravierende Unterschiede. Das betrifft sowohl die Höhe des Farbstoffgehaltes als auch diejenige des Biomasseertrages. Als kurzfristige Züchtungsstrategie wurde deshalb das Ziel verfolgt, die über die Jahre ertrags- und farbstoffstabilsten Herkünfte zu charakterisieren und zur Sortenzulassung zu entwickeln. Längerfristig sollten eventuell farbstoffreiche Typen mit farbstoffärmeren, aber ertragsstarken Formen gezielt gekreuzt und ertragsstarke und farbstoffreiche Pflanzen ausgelesen werden. Es besteht zwar eine negative Korrelation zwischen Farbstoffgehalt und Ertrag, diese ist jedoch nicht so eng als dass keine Fortschritte nach einer Kreuzung zu erwarten wären.

2.2.1.2 Herkunftsprüfung

Von den 30 in Dornburg vorliegenden Färberhundskamilleherkünften sind bisher in den Jahren 1997 bis 2002 insgesamt 21 mehrjährig angebaut worden, allerdings nicht über sämtliche 6 Versuchsjahre. Alle nur einjährig geprüften Herkünfte wiesen deutliche Mängel, wie z. B. zu fester Blütensitz, zu geringe Ertragsfähigkeit, extreme Spätreife oder mangelhafte Standfähigkeit auf. Während zunächst wegen der Vielzahl der zu untersuchenden Färberpflanzenarten und teilweise geringer Saatgutmengen sehr unterschiedlicher Keimfähigkeit nur 1 Parzelle ohne Wiederholungen je Prüfglied angelegt wurde, erfolgte die Prüfung der Färberhundskamille in den letzten drei Jahren in einer randomisierten Blockanlage mit einem Prüfungsumfang von 16 Herkünften in vierfacher Wiederholung. Zur Gewährleistung möglichst gleicher Ausgangsbedingungen (gleiche Pflanzenzahl/m², gleiches Entwicklungsstadium der Pflanzen) wurden im Gewächshaus vorgezogene Pflanzen ausgepflanzt. Dadurch ist gleichzeitig der Saatgutbedarf/Prüfglied gering. Die Blütenpflücke erfolgte in den Jahren 2000 und 2001 nur einmal mit Pflückkämmen zum Zeitpunkt der Vollblüte. Im Jahr 2002 begann der gesamte Bestand nach reichlichen Niederschlägen nach der ersten Ernte noch einmal üppig zu blühen, so dass eine zweite Blütenpflücke durchgeführt werden konnte. An den bei 40 °C getrockneten Blüten wurden eine Ertrags- und Farbstoffbestimmung und schließlich verschiedene Färbeversuche durchgeführt.

In allen Versuchsjahren wiesen die Farbstoffgehalte beträchtliche Unterschiede auf. Am geringsten waren sie im Jahr 2002 (Tab. 2). Sie waren aber immer noch signifikant.

Leider besteht keinerlei Übereinstimmung zwischen den Werten der einzelnen Jahre. Herkünfte mit relativ hohem Farbstoffgehalt in einem Jahr haben nur einen relativ niedrigen Wirkstoffgehalt im nächsten Jahr und umgekehrt. Das betrifft auch in extremem Maß die Herkunft A 26, die in den 4 ersten Prüfungsjahren einen konstant hohen Farbstoffgehalt, mit dem sie immer in der Spitzengruppe lag, aufwies. Sie war deshalb nach isoliertem Einzelpflanzenanbau und Prüfung auf Homogenität 2002 für eine Sortenanmeldung vorgesehen.

Tabelle 2: Farbstoffgehalte und Rangfolge verschiedener Färberhundskamilleherkünfte, Dornburg 1997 bis 2002

Her- kunft	Farbstoffgehalt (% in der TM)													
	1997	Rang	1998	Rang	1999	Rang	2000	Rang	2001	Rang	2002 1. Pfl.	Rang	2002 2. Pfl.	Rang
A 2	-	-	-	-	-	-	3,41	14	6,41	10	6,15	10	4,92	13
A 3	-	-	-	-	5,51	9	6,12	1	6,83	8	6,11	11	5,56	6
A 4	4,28	4	6,35	5	5,32	12	5,91	3	7,08	4	6,09	12	4,97	12
A 5	-	-	-	-	4,90	15	-	-	6,50	9	6,37	9	4,92	13
A 6	4,07	7	5,97	7	4,71	14	4,93	8	7,01	6	6,91	1	5,32	10
A 7	4,34	5	6,32	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A 8	-	-	-	-	6,09	3	4,32	11	5,89	14	6,61	5	4,87	15
A 9	3,75	10	6,57	3	5,82	5	3,73	13	5,94	12	6,77	3	5,91	3
A 10	-	-	-	-	6,98	1	5,39	4	5,69	13	6,57	8	5,92	2
A 11	3,35	12	5,95	8	6,23	2	-	-	6,33	11	6,62	4	5,77	4
A 13	4,07	7	5,71	9	5,68	6	5,02	7	7,61	2	6,61	5	5,33	9
A 14	2,54	14	4,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A 16	4,21	6	5,44	12	5,39	11	6,01	2	7,64	1	6,84	2	5,99	1
A 17	3,19	13	4,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A 18	4,76	3	5,72	11	5,23	13	4,83	10	-	-	-	-	-	-
A 19	-	-	-	-	-	-	5,34	5	6,90	7	6,58	7	5,41	7
A 20	6,32	1	6,72	2	5,43	10	4,83	10	-	-	6,03	13	5,17	11
A 22	3,78	9	6,32	6	5,55	8	3,12	15	7,04	5	6,01	14	4,64	16
A 23	3,56	11	6,82	1	5,68	7	4,00	12	7,10	3	5,61	16	5,69	5
A 24	3,85	8	5,71	10	4,20	16	4,91	9	-	-	-	-	-	-
A 26	5,85	2	6,47	4	5,94	4	5,22	6	4,72	15	5,96	15	5,34	8
\bar{x}	4,19		5,99		5,35		4,77		6,58		6,37		5,36	
s_x	2,54 - 6,32		4,37 - 6,82		4,20 - 6,98		3,12 - 6,12		4,72 - 7,64		5,61 - 6,91		4,64 - 5,99	
GD _{t,5%}	n. b.		n. b.		n. b.		1,13		1,04		0,51		0,47	

Im Versuchsjahr 2001 nimmt die Herkunft A 26 beim Farbstoffgehalt weit abgeschlagen den letzten Platz ein. Auch in Bezug auf den Biomassertrag erreicht sie nur ca. die Hälfte der besten Herkunft (Tab. 3).

Tabelle 3: Biomasseerträge und Erntetermine von Färberhundskamilleherkünften, Dornburg 2000 und 2001

Herkunft	Erntetermin				Ertrag (dt TM/ha)				Σ 2002
	2000	2001	2002 1. Pflücke	2002 2. Pflücke	2000	2001	2002 1. Pflücke	2002 2. Pflücke	
A 2	02.08.	31.07.	18.-23.07.	29.08.	25,2	20,6	17,1	13,2	30,3
A 3	02.08.	31.07.	18.-23.07.	29.08.	26,6	20,9	17,6	10,7	28,3
A 4	02.08.	30.07.	18.-23.07.	29.08.	25,1	24,2	19,4	10,5	29,9
A 5	-	30.07.	18.-23.07.	29.08.	-	22,1	19,7	11,6	31,3
A 6	03.08.	30.07.	18.-23.07.	29.08.	21,2	20,6	15,1	11,3	26,4
A 8	08.08.	30.07.	18.-23.07.	29.08.	23,0	20,3	16,5	10,4	26,8
A 9	08.08.	26.07.	18.-23.07.	29.08.	25,7	17,3	15,3	11,2	26,5
A 10	02.08.	25.07.	18.-23.07.	29.08.	24,3	18,6	19,2	10,9	30,2
A 11	-	26.07.	18.-23.07.	29.08.	-	18,2	16,4	10,2	26,6
A 13	08.08.	25.07.	18.-23.07.	29.08.	22,4	17,8	15,6	9,9	25,5
A 16	08.08.	25.07.	18.-23.07.	29.08.	20,7	16,6	16,0	9,2	25,2
A 18	17.08.	-	-	-	10,1	-	-	-	-
A 19	17.08.	25.07.	18.-23.07.	29.08.	25,8	14,9	15,3	11,1	26,4
A 20	17.08.	-	18.-23.07.	29.08.	22,7	-	14,6	10,5	25,1
A 22	09.08.	26.07.	18.-23.07.	29.08.	26,5	17,7	17,6	11,7	29,3
A 23	04.08.	25.07.	18.-23.07.	29.08.	19,4	16,3	17,6	10,8	28,4
A 24	04.08.	-	-	-	23,8	-	-	-	-
A 26	04.08.	15.08.	18.-23.07.	29.08.	26,6	13,1	17,8	10,3	28,1
\bar{x}					23,1	18,6	16,9	10,8	27,8
GD _{1,5%}					5,1	3,1	2,6	1,9	3,4

Wegen der niedrigen Farbstoffgehalte und des geringen Biomasseertrages weist A 26 auch nur geringe Farbstofferträge je Flächeneinheit auf (Tab. 4).

Tabelle 4: Farbstoffeiträge (kg/ha) verschiedener Färberhundskamilleherkünfte, Dornburg 1997 bis 2002

Herkunft	1997	1998	1999	2000	2001	2002 1. Pflücke	2002 2. Pflücke	Σ 2002	Σ 2000 und 2001	Σ 2000 bis 2002
A 2	-	-	115,9	85,8	132,0	104,7	64,9	169,7	217,8	387,5
A 3	-	-	52,9	163,0	141,9	107,8	59,3	167,0	304,9	471,9
A 4	78,2	80,6	50,0	148,2	170,4	117,9	52,1	170,1	318,6	488,7
A 5	-	-	82,0	-	143,4	125,0	57,0	183,0	-	-
A 6	76,0	64,1	41,6	103,3	144,5	104,3	60,3	164,6	247,8	412,4
A 7	102,5	100,9	-	-	-	-	-	-	-	-
A 8	-	-	140,7	100,1	119,6	109,1	50,4	159,5	229,7	389,2
A 9	80,9	168,7	-	94,3	102,3	103,3	65,5	168,8	196,6	365,4
A 10	-	-	-	133,0	106,8	125,3	64,9	190,2	239,8	430,0
A 11	114,0	129,1	94,7	-	116,0	108,4	58,8	167,1	-	-
A 13	82,7	107,2	-	114,1	135,0	102,7	52,6	155,2	249,1	404,3
A 14	56,0	63,8	-	-	-	-	-	-	-	-
A 16	80,4	152,2	-	125,6	126,5	109,3	54,7	164,0	252,1	416,1
A 17	61,6	80,9	-	-	-	-	-	-	-	-
A 18	70,4	126,0	-	48,8	-	-	-	-	-	-
A 19	-	-	-	137,9	102,4	100,8	60,0	160,8	240,3	401,1
A 20	103,0	87,9	-	108,3	-	88,7	54,4	143,1	-	-
A 22	124,4	92,0	-	80,6	125,2	106,0	54,1	160,2	205,8	366,0
A 23	83,8	104,8	61,9	77,2	116,0	99,0	61,7	160,7	193,2	353,9
A 24	97,9	115,9	101,6	114,9	-	-	-	-	-	-
A 26	91,8	113,9	-	138,8	62,3	107,0	55,1	162,1	201,1	363,1
\bar{x}	86,9	105,9	82,4	110,9	123,0	107,5	57,9	165,4	238,2	403,8
GD _{1,5%}	n. b.	n. b.	n. b.	33,6	29,5	16,6	10,3	20,2	n. b.	n. b.

Das schlechte Ergebnis der Herkunft A 26 im Jahr 2001 ist sicher darauf zurückzuführen, dass, infolge eines technischen Fehlers, das Auspflanzen erst ca. 3 Wochen nach den restlichen Prüfgliedern erfolgen konnte. Dadurch kam es zu einem beträchtlichen Einfluss durch die in der Entwicklung schon relativ weit fortgeschrittenen Nachbarparzellen, der sich u. a. in deren beträchtlich höherer Pflanzenlänge zeigte und zu einer teilweisen Beschattung der Parzellen der Herkunft A 26 führte. Die Pflückreife erreichte A 26 15 bis 20 Tage später als die übrigen Prüfglieder. Zum Pflücktermin dieser Herkunft war die Strahlungsintensität beträchtlich niedriger als im Juli 2001. Die Summe der Globalstrahlung der der Ernte vorangehenden 5 Tage betrug nur 21,8 kW/m² gegenüber 29,0 kW/m² bzw. 28,2 kW/m² bei den beiden ersten Ernteterminen. Unabhängig von den Ursachen für das schlechte Abschneiden, erreicht die Herkunft A 26 auch 2002 keinen Spitzenwert bei Farbstoffgehalt und -ertrag. Sie scheidet damit für eine weitere züchterische Verwendung und auch einen praktischen Anbau aus. Die in Tabelle 4 mehrjährig zusammengefassten Farbstoffeiträge lassen nach den Ergebnissen der exakten Prüfungen der Jahre 2000 bis 2002 die Herkünfte A 3 und besonders A 4 für eine Sortenzulassung geeignet erscheinen. Beide realisieren ihren hohen Wirkstoff-ertrag in allen 3 Versuchsjahren in erster Linie über einen hohen Biomasseertrag, während ihre Farbstoffgehalte im Allgemeinen keine Spitzenwerte erreichen. Umgekehrt ist die Situation bei der Herkunft A 16, die in Bezug auf ihre Farbstoffgehalte in den letzten 3 Jahren immer Rang 1 oder 2 einnahm. Ihre geringen Blütenesserträge verursachen aber immer durchschnittlich 20 % Farbstoffmindererträge gegenüber A 4.

Wenn auch bei der Färberpflanzenzüchtung, ähnlich wie bei der Medizinalpflanzenzüchtung, der Qualitätszüchtung ein wesentlich höherer Stellenwert zukommt als der Quantitätszüchtung, ist es dennoch aus Wirtschaftlichkeitsgründen erforderlich, einen hohen Masseertrag mit hohem Wirkstoffgehalt anzustreben. Das letztendliche Kriterium für die Qualität einer Sorte ist also der Wirkstoffertrag je Flächeneinheit.

Die Höhe des Farbstoffgehaltes in den Färberhundskamilleblüten und möglicherweise aller flavonhaltigen Pflanzen scheint in beträchtlichem Maße von der Strahlungsintensität, der die Pflanzen ausgesetzt sind, abzuhängen. Das ergaben Untersuchungen zur Veränderung der Wirkstoffgehalte in Abhängigkeit von der Witterung. Dazu wurden 2001 täglich über einen Zeitraum von 16 Tagen zur gleichen Tageszeit von einer Herkunft je 2 Blütenproben gepflückt, nach der üblichen schonenden Trocknung bei 30 °C die Farbstoffgehalte bestimmt und diese den Witterungsdaten der einzelnen Erntetermine gegenüber gestellt (Abb. 1).

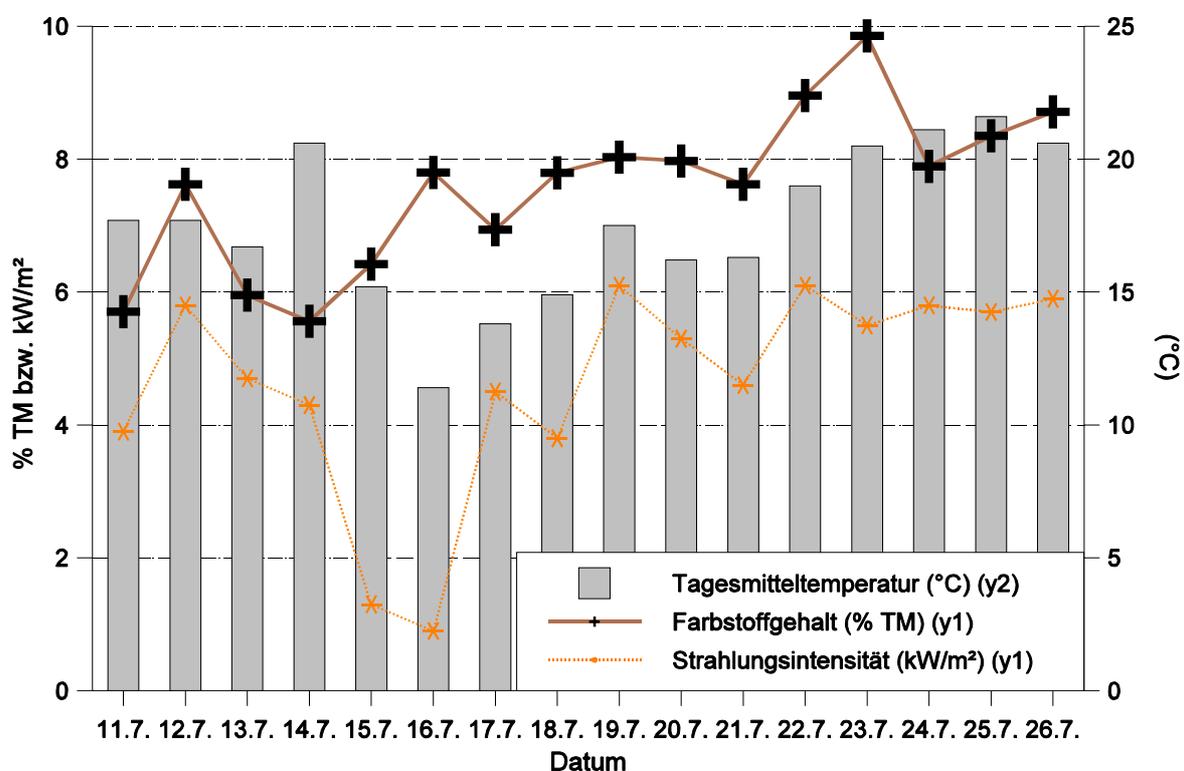


Abbildung 1: Einfluss von Tagesmitteltemperatur und Sonneneinstrahlung auf den Farbstoffgehalt von Färberhundskamille, Dornburg 2001

Neben der Strahlungsintensität könnten auch die Niederschläge einen Einfluss auf die Höhe des Farbstoffgehaltes haben. Die einzigen nennenswerten Niederschläge während des Erntezeitraums traten am 13.07. und 16.07.2001 auf. Bei Wiederholung des Versuches vom 09.07. bis 24.07.2002 war wiederum ein loser positiver Zusammenhang zwischen der Höhe des Farbstoffgehaltes und der Strahlungsintensität zu erkennen. Auch die durchschnittlichen absolut 1,5 bis 2 % höheren Farbstoffgehalte 2001 gegenüber 2002 weisen in die gleiche Richtung, lagen doch die Strahlungsintensitäten im Jahr 2001 im Allgemeinen zwischen 5,5 und 6 kW/m², 2002 dagegen meistens deutlich unter 5 kW/m².

Neben der Strahlungsintensität spielen aber sicherlich noch andere Faktoren bei der Ausprägung des Merkmals Farbstoffgehalt eine Rolle. Generell folgt aus den relativ starken Schwankungen der

Strahlungsintensität, dass für vergleichende Untersuchungen für züchterische Zwecke die zu untersuchenden EP möglichst an einem Tag geerntet werden sollten. Auch in Bezug auf die Ernte der Färberhundskamilleblüten für färberische Zwecke folgt aus den Ergebnissen, dass sie nach Möglichkeit erst nach einer längeren Schönwetterperiode an hellen, sonnigen Tagen bzw. möglichst im Zeitraum Juli bis August erfolgen sollte. Letzteres lässt sich mit einer Herbstsaat der Färberhundskamille erreichen.

2.2.1.3 Zusammenfassende Betrachtung zur Züchtung der Färberhundskamille

Trotz beträchtlicher Schwankungen der Farbstoffgehalte der einzelnen Herkünfte von Jahr zu Jahr, die teilweise zu einer völlig veränderten Rangfolge führten, haben sich in den Versuchsjahren 2000 bis 2002 zumindest 2 Formen herauskristallisiert, von denen die eine Farbstoffgehalte, die mindestens dem Mittel aller Herkünfte entsprachen bzw. leicht darüber lagen, erreichte, während die andere in allen 3 Versuchsjahren konstant hohe Werte aufwies. Wegen der hohen Blütenerträge brachte die erste Form (A 4) gleichzeitig hohe Farbstofferträge, wodurch sie die letztgenannte (A 16) wegen niedriger Biomasserträge in diesem Merkmal deutlich übertrifft. Für eine Sortenanmeldung sollte deshalb nur die Herkunft A 4 in Betracht kommen.

Generell könnte nun versucht werden, durch EP-Auslese in den beiden Herkünften zu verbesserten Typen zu kommen. Ob das allerdings sehr erfolgreich wäre, muss bezweifelt werden, weil bereits in dem von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. geförderten Projekt der TLL „Züchterische Bearbeitung wirtschaftlich bedeutsamer Färberpflanzen hinsichtlich Ertrag, Farbstoffgehalt und Qualität“ eine nur geringe Variabilität innerhalb der einzelnen Herkünfte festgestellt werden konnte. Erfolgversprechender dürfte die Kreuzung der beiden Formen und die anschließende Selektion positiver EP sein. Aber auch an eine Variabilitätsweiterung durch mutagene Behandlung von Färberhundskamillesaatgut ist zu denken.

2.2.2 Färberwau

2.2.2.1 Allgemeines

Als zweite gelbfärbende Pflanze ist Färberwau in dem vorliegenden Projekt bearbeitet worden. Im Gegensatz zur Färberhundskamille ist Färberwau ein ausgesprochener Fremdbefruchter mit beträchtlichen Inzuchtdepressionen bereits in der 1. Inzuchtgeneration, worauf bereits ausführlich im Abschlussbericht zum Forschungsthema „Züchterische Bearbeitung wirtschaftlich bedeutsamer Färberpflanzen hinsichtlich Ertrag, Farbstoffgehalt und Qualität“ hingewiesen worden ist. Eine Auslese von EP aus einer frei abgeblühten Wau-Population lässt deshalb keinerlei positive Ergebnisse erwarten wie auch bei der Ermittlung der Variabilität von 104 EP festgestellt werden konnte (Tab. 5).

Tabelle 5: Variabilität der Farbstoffgehalte (% in der TM) von Färberwau einzelpflanzen

n	\bar{x}	Min.	Max.	s	s_x
104	1,90	0,88	2,63	1,90	0,03

Zwar unterscheiden sich die einzelnen Pflanzen im Extremfall in ihrem Farbstoffgehalt beträchtlich, unter Berücksichtigung der Streuung s müssen aber alle untersuchten Pflanzen als erblich einheitlich angesehen werden.

Infolge der begrenzten Projektdauer war es nur möglich, das Herkunftsspektrum weiter zu verbreitern, die vorhandenen Herkünfte über die gesamte Laufzeit anzubauen und in Bezug auf Farb-

stoffgehalt und Biomasseertrag exakt zu untersuchen. Wegen der räumlich isolierten Vermehrung der einzelnen Herkünfte, z. B. in Botanischen Gärten, wurde erwartet, dass es sich bei ihnen meistens um gut ausbalancierte Populationssorten handeln dürfte. Die besten von ihnen sollten dann zur Saatguterzeugung isoliert angebaut, in ihrer Zusammensetzung erhalten und nach Möglichkeit durch Entfernung morphologisch abweichender Typen verbessert werden. Der Aufbau neuer Sorten aus Synthetics konnte im vorliegenden Projekt nur begonnen werden, weil die Züchtung reiner Linien mindestens 6 aufeinander folgende Generationen umfasst. Zur Zeit stehen etwa 20 ingezüchtete Einzelpflanzen in der 4. Inzuchtgeneration zur Verfügung.

2.2.2.2 Herkunftsscreening

Nach dem 1. Anbaujahr schien die Aussicht, durch das Herkunftsscreening bei Färberwau zu wesentlich besseren Formen, als sie bisher angebaut werden, zu gelangen, sehr groß zu sein. Die im Jahr 2000 angebauten 14 Herkünfte zeigten eine große Variabilität zwischen den einzelnen Prüfgliedern sowohl in ertraglicher als auch insbesondere qualitätsmäßiger Hinsicht (Tab. 6).

Tabelle 6: Trockenmasseerträge, Farbstoffgehalte und Farbstoffeträge von 14 bzw. 11 Färberwauherkünften, Dornburg 2000 bis 2001

Herkunft	Ertrag						Farbstoffgehalt (% TM)			Farbstoffetrag (kg/ha)			
	2000		2001		2002		2000	2001	2002	2000	2001	2002	Σ
	(dt/ha)	% zu \bar{x}	(dt/ha)	% zu \bar{x}	(dt/ha)	% zu \bar{x}							
1	37,1	79,5	17,3	81,5	35,2	70,5	2,35	1,49	2,70	87,6	25,0	95,1	207,7
2	55,2	118,3	24,8	116,8	52,2	104,6	2,17	0,96	2,22	116,5	23,8	115,5	255,8
3	37,4	80,2	15,1	71,1	49,7	99,6	3,59	1,37	2,20	139,3	20,8	109,3	269,4
4	60,5	129,7	23,6	111,6	57,0	114,2	2,47	0,81	2,45	149,6	19,9	139,9	309,4
5	34,9	74,8	14,0	65,9	50,3	100,8	3,35	1,4	2,46	112,3	19,7	123,3	255,3
6	47,1	101,0	26,1	122,9	41,5	83,2	4,11	1,23	2,40	189,7	30,8	99,7	320,2
7	43,7	93,7	27,5	129,5	58,5	117,2	3,89	1,53	2,12	170,3	38,8	124,0	333,1
8	47,9	102,7	18,9	89,0	56,0	112,2	1,91	1,36	1,93	92,1	25,4	108,3	225,8
9	51,2	109,8	17,1	80,6	50,4	101,0	2,06	2,33	1,63	105,4	39,2	83,0	227,6
10	51,0	109,3	25,4	119,6	50,8	101,8	2,57	1,89	1,04	131,1	51,4	54,0	236,5
11	49,7	106,5	-	-	-	-	3,35	-	-	160,0	-	-	-
12	50,7	108,7	23,7	111,6	62,1	124,4	2,24	1,01	1,57	111,9	24,4	99,1	235,4
13	32,9	70,6	-	-	45,9	92,0	1,32	1,18	1,68	43,0	-	78,3	-
14	53,8	115,4	-	-	53,0	106,2	1,56	1,32	1,98	83,4	-	102,2	-
15	-	-	-	-	35,5	71,1	-	-	2,14	-	-	76,4	-
\bar{x}	46,6	100,0	21,2	100,0	49,9	100,0	2,64	1,38	2,04	120,9	29,0	100,6	261,5
GD _{1,5%}	9,5		7,1		11,5		1,08	0,60	0,52	48,3	15,7	32,1	

Keine Korrelation besteht zwischen den Farbstoffgehalten der einzelnen Herkünfte und deren Biomasseertrag. Das konnte bereits an EP im o. g. vorhergehenden Projekt festgestellt werden. Die fehlende Beziehung verdeutlicht auch Abbildung 2, wo die gegenseitige Abhängigkeit der 2000er Werte grafisch dargestellt ist.

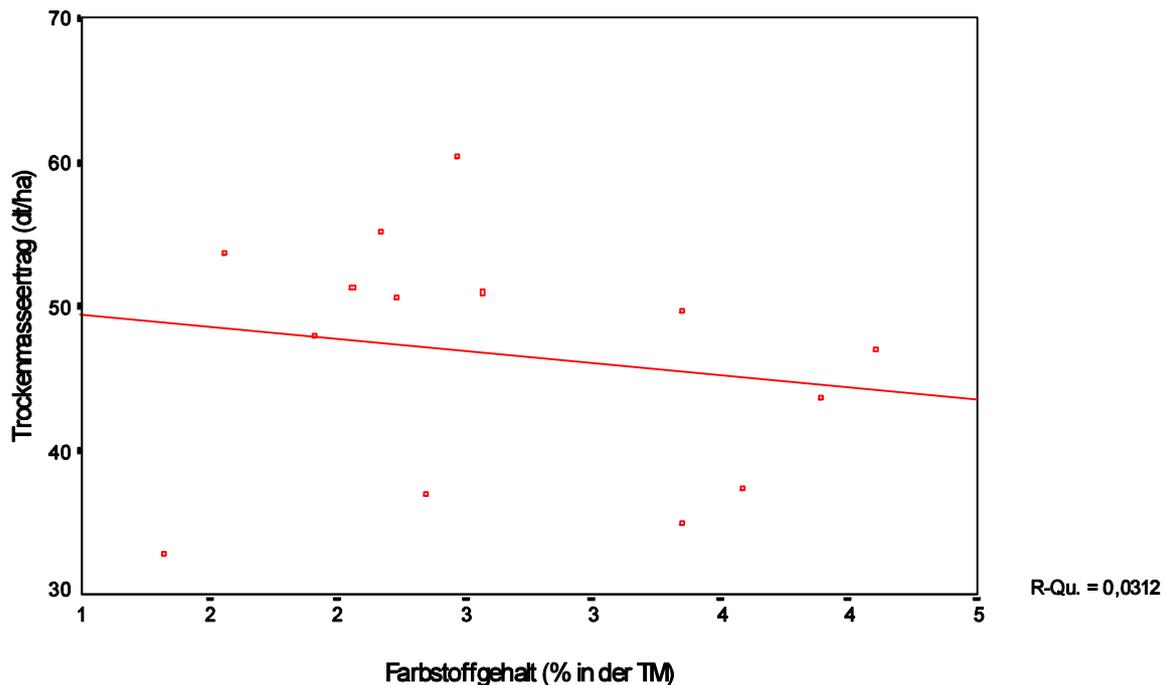


Abbildung 2: Beziehung zwischen Trockenmasseertrag und Farbstoffgehalt bei Färberwau, Herkunftsprüfung Dornburg 2000

Die relativen Trockenmasseerträge der einzelnen Herkünfte des Jahres 2001 entsprechen weitgehend denen des Jahres 2000, auch wenn sich die absolute Ertragshöhe der beiden Jahre beträchtlich unterscheidet. Die niedrigen Erträge des 2. Prüfungsjahres sind die Folge einer relativ späten Aussaat, nachdem die erste Aussaat wegen Verschlammungen umgebrochen werden musste. Die Erträge des Jahres 2002 lagen wieder auf deutlich höherem Niveau, wobei sich die Ertragsüberlegenheit einzelner Herkünfte bestätigte.

Bei den Farbstoffgehalten lässt sich diese gute Übereinstimmung zwischen den Jahren nicht nachweisen. Zwar ist die Schwankungsbreite der Farbstoffgehalte in allen 3 Jahren beträchtlich, es ist aber jeweils eine andere Herkunft, die Spitzenwerte erreicht bzw. am Ende der Rangfolge steht. Überraschende Werte wurden nur im Jahr 2000 mit maximal 4,11 % Farbstoff in der TM erreicht. Insbesondere im Jahr 2001 lagen die Farbstoffgehalte mit durchschnittlich 1,38 % in der TM (max. 2,33 %) auf einem extrem niedrigen Niveau und waren damit nur etwa halb so hoch wie im Vorjahr (\bar{x} 2000: 2,64 % Farbstoff in der TM). Aber auch die Werte des Jahres 2002 fallen mit durchschnittlich 2,04 % in der TM und Maximalwerten von 2,70 % nicht so günstig aus wie im 1. Versuchsjahr. Eine Ursache hierfür ist, ähnlich wie bei der Färberhundskamille, die unterschiedliche Höhe der Globalstrahlung zur Zeit der Ernte, wie ein entsprechender Versuch im Jahr 2002 ergab. Hier wurden die Farbstoffgehalte von Färberwau-EP, die im Zeitraum vom 08.07. bis 26.07. geerntet wurden, den meteorologischen Daten der jeweiligen Erntetermine gegenübergestellt (Abb. 3).

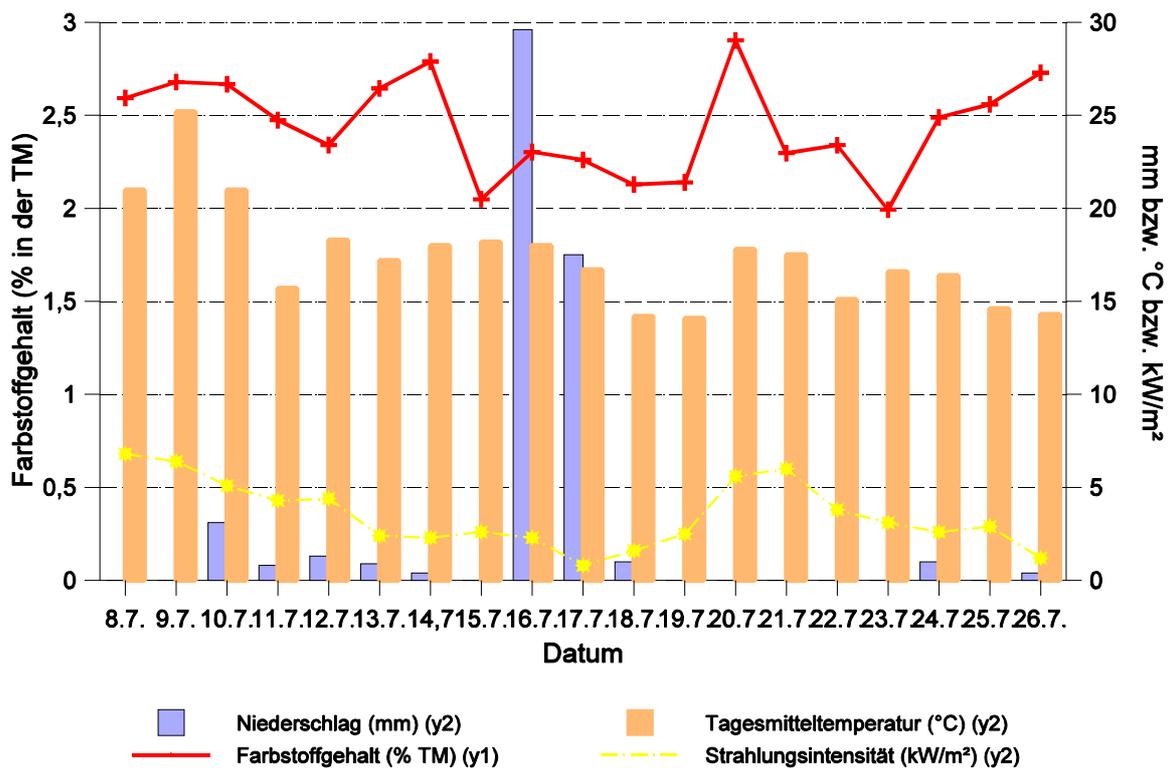


Abbildung 3: Einfluss von Temperatur, Niederschlag und Strahlungsintensität auf den Farbstoffgehalt von Färberwau, Dornburg 2002

Die Farbstoffgehalte waren allerdings nur lose mit der Strahlungsintensität korreliert. Ausreißer, die den Kurvenverlauf teilweise verfälschen, sind dem geringen Probenumfang von 2 Parallelproben je Erntetermin geschuldet. Weil sich 2001 die Blüte der Färberwauherkünfte als Folge der späten Aussaat weit in den Herbst hinein verschob, herrschten bei ihrer Ernte auch wesentlich ungünstigere Strahlungsverhältnisse. Um möglichst hohe Farbstoffgehalte bei Färberwau zu garantieren, sollte angestrebt werden, die Erntereife zu Terminen mit hoher Strahlungsintensität zu erreichen, d. h., die Aussaat muss möglichst frühzeitig, am besten vielleicht sogar im Herbst erfolgen.

Hohe Farbstoffgehalte im Ausgangsmaterial sind in der Lederfärbung unerlässlich für gelungene Färbungen. Das zeigte sich bei der Probefärbung von Leder mit Extrakten aus den Herkünften des Jahres 2000. Während die Färbungen der Herkünfte 6 und 7 hinsichtlich Farbe und Brillanz hervorragten, wirkten diejenigen der restlichen Herkünfte ausgesprochen stumpf und waren außerdem noch fleckig.

Bei den Farbstoffträgen erreichten nur die Herkünfte 4, 6 und 7 in der Summe der 3 Versuchsjahre über 300 kg Farbstoff/ha, während alle übrigen mehr als 25 % darunter liegen. Die Herkunft 6 verdankt jedoch diese guten Ergebnisse nur dem überragenden Wert eines Jahres, während Herkunft 7 tatsächlich ein Typ mit überragender Merkmalsausprägung zu sein scheint.

2.2.2.3 Linienentwicklung

Mit Projektbeginn ist mit der Entwicklung von Inzuchtlinien aus verschiedenen Herkünften durch isolierten Anbau begonnen worden. Zur Zeit haben 20 Linien die 4. Inzuchtgeneration (I_4) erreicht. 13 von ihnen wurden im Jahr 2002 als 3,5 m lange Einzelreihe auf dem Feld nachgebaut und der

Farbstoffgehalt (Summe der Komponenten freies Luteolin, Luteolin-7-monoglucosid, Luteolin-3,7-diglucosid und Apigenin, umgerechnet auf Luteolinäquivalent) bestimmt. Über die Ergebnisse berichtet Tabelle 7.

Tabelle 7: Gehalte (% in der TM) an einzelnen Farbkomponenten und Gesamtfarbstoff (als Luteolinäquivalent) von 13-Linien des Färberwau, Dornburg 2002

Linien-Nr.	Luteolin	Luteolin-7-monoglucosid	Luteolin-3,7-diglucosid	Apigenin	Gesamtfarbstoffgehalt	Freies Luteolin am Gesamtfarbstoff (%)
1	0,19	1,17	0,34	0,05	1,75	10,9
2	0,25	1,27	0,37	0,05	1,93	13,0
3	0,38	1,23	0,35	0,09	2,06	18,5
4	0,43	1,33	0,41	0,11	2,28	18,9
5	0,40	1,24	0,37	0,09	2,10	19,0
6	0,47	1,31	0,39	0,11	2,28	20,6
7	0,34	1,71	0,50	0,11	2,66	12,8
8	0,49	1,47	0,49	0,14	2,59	18,9
9	0,49	1,61	0,50	0,11	2,70	18,2
10	0,30	1,69	0,44	0,07	2,50	11,6
11	0,29	1,65	0,49	0,08	2,51	11,2
12	0,28	1,46	0,40	0,07	2,22	12,7
13	0,34	1,46	0,41	0,12	2,33	14,6
\bar{x}	0,35	1,42	0,41	0,09	2,27	
GD _{t, s, %}	0,13	0,29	0,08	0,04	0,44	

Wie die Tabelle zeigt, sind keine Genotypen mit überragenden Farbstoffgehalten vorhanden. Die Unterschiede im Gesamtfarbstoffgehalt sind jedoch z. T. signifikant. Auffällig ist der relativ hohe Gehalt an freiem Luteolin bei den Linien 4, 5, 6, 8 und 9, der ca. 30 % höher ist als bei den übrigen Linien. Wenn sich die Vermutung bestätigt, dass die Färbewirkung von Wau weitgehend durch den Gehalt an Aglyconen bestimmt wird (VETTER, A. et al. 1997), dann müssen diese Formen als besonders geeignet für Färbezwecke angesehen werden.

2.2.2.4 Zusammenfassende Betrachtungen zur Züchtung von Färberwau

Nachdem die Herkunft 6 im ersten Projektjahr überragende Farbstoffträge, die vor allem auf hohe Farbstoffgehalte zurückzuführen waren, erbracht hatte, schien sie für eine Sortenanmeldung geradezu prädestiniert zu sein. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sie offenbar in keiner Weise ausbalanciert war und dadurch in den folgenden Jahren in ihrer Leistung stark abfiel. Eine fortgesetzte Auslese von EP zur Verbesserung der Farbstofftragsleistung, wie sie KAISER (1993) vorschlägt, dürfte kaum erfolgreich sein, da man wahrscheinlich immer heterozygote Pflanzen selektiert. Die Herkunft 7 dagegen scheint weitgehend stabil und damit ein Sortenkandidat zu sein. Alle anderen Herkünfte weisen eine zu geringe Leistung auf und scheiden deshalb aus.

Das Beispiel der Herkunft 6 zeigt aber, dass offenbar durch Liniensorten bei Färberwau die besten Ergebnisse zu erreichen sind. Deshalb wird auch nach Abschluss des Projektes die Linienentwicklung fortgesetzt und gleichzeitig mit der Prüfung ihrer Kombinationseignung begonnen. Trotz beträchtlicher Inzuchtdepressionen sollte es, wegen der Feinheit der Samen des Färberwau, möglich sein, ausreichend Saatgut von den I-Linien zu erzeugen.

2.2.3 Kanadische Goldrute

2.2.3.1 Allgemeines

Nach den Ergebnissen des ersten in der TLL bearbeiteten, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. geförderten, Züchtungsprojektes „Züchterische Bearbeitung wirtschaftlich bedeutender Färberpflanzen hinsichtlich Anbaueignung, Ertrag und Farbstoffgehalt“ kommt als Ausgangsmaterial für eine akzeptable Neuzüchtung von Goldrute für Färbezwecke nur die Ziersorte `Goldkind` in Frage. Sie ist ganz offensichtlich auf extreme Frühzeitigkeit ausgelesen worden. Dadurch kommt sie in den meisten Jahren noch ein 2. Mal zum Blühen. Wegen ihrer geringen Wuchshöhe (≤ 100 cm) ist die Sorte sehr standfest. Die geringe Wuchshöhe ist auch Ursache dafür, dass `Goldkind` nur ca. 60 % des Biomasseertrages hochwüchsiger Wildformen (Wuchshöhe ≤ 220 cm) je Flächeneinheit erreicht. Die Mindererträge betreffen vor allem den Stängel, der nahezu farbstofffrei ist. Dadurch sind die Farbstoffgehalte der `Goldkind`-Linien um etwa den gleichen prozentualen Anteil erhöht, wie ihr Trockenmasseertrag verringert ist, und im Endeffekt werden annähernd gleiche Farbstofferträge je Flächeneinheit erzielt.

Die Sorte `Goldkind` ist bereits relativ ausgeglichen, allerdings bestehen hinsichtlich der Wuchshöhe, der Zeitigkeit und insbesondere des Farbstoffgehaltes noch beträchtliche Unterschiede. Letzteres ist durchaus verständlich, ist doch höchstens eine indirekte Selektion (Auslese auf hohen Blütenanteil) auf den Farbstoffgehalt erfolgt. Individuen mit hohem Farbstoffgehalt und Masseertrag sind deshalb auf Homozygotie zu züchten. Die `Goldkind`-Linien können dabei wie Selbstbefruchter behandelt werden, obgleich wahrscheinlich alle Goldrutepflanzen, die wild vorkommen, Hybriden sind.

2.2.3.2 Modelluntersuchungen an `Goldkind`-Klonen

Um zu ergründen, auf welche Merkmale am besten ausgelesen werden sollte, sind bereits 1996 19 Einzelpflanzen der Sorte `Goldkind` verklont und die Klone zunächst als Einzelreihen (Reihenlänge 5 m) nebeneinander angebaut worden.

In dichten Beständen erscheint die Zierform vollkommen homogen. Bei weiteren Pflanzabständen oder getrenntem Anbau von Einzelpflanzennachkommenschaften (EPN) zeigen sich Unterschiede zwischen den Einzelpflanzen hinsichtlich ihrer Zeitigkeit und Wuchshöhe, wie aus Tabelle 8 zu ersehen ist, in der diese Merkmale von 19 `Goldkind`-Klonen 2001 und 2002 aufgeführt sind.

Tabelle 8: Blühtermin (Vollblüte) von 19 `Goldkind`-Klonen, Dornburg 2001 und 2002

2001			2002		
Blühtermin	Klon-Nr.	Anzahl	Blühtermin	Klon-Nr.	Anzahl
12.07.	13	1	15.07.	13, 21, 31, 43	4
17.07.	43	1	19.07.	4, 8, 19, 34	4
19.07.	21, 31	2	22.07.	15, 26	2
20.07.	8, 19	2	26.07.	27, 30, 35, 37	4
23.07.	4, 15, 34, 37	4	30.07.	2, 23, 24, 25, 36	5
25.07.	26, 27, 30	3			
27.07.	25, 35, 36	3			
30.07.	2, 24	2			
02.08.	23	1			



Abbildung 4: Zeitigkeit und Wuchshöhe von 'Goldkind'-Klonen, Dornburg 2001

Das Datum der Vollblüte des frühesten und spätesten Klons liegt im Versuchsjahr 2001 ca. 3 Wochen, im Jahr 2002 ca. 2 Wochen auseinander. Zwischen den beiden Versuchsjahren besteht dabei eine gute Übereinstimmung, d. h., die im Jahr 2001 frühesten Klone erreichten auch im Jahr 2002 zuerst das Stadium der Vollblüte. Die unterschiedliche Zeitigkeit und gleichzeitig noch die verschiedene Wuchshöhe wird auch in Abbildung 4 deutlich.

In Tabelle 9 sind die wichtigsten Ergebnisse, die an den 19 Modellklonen von 1997 bis 1999 gewonnen wurden, als Korrelationen zwischen den wesentlichen Selektionskriterien zusammengefasst. Sie sollten die Grundlage für die Selektion und die Entwicklung homozygoter Goldrute-Stämme mit hohem Biomassertrag und Farbstoffgehalt darstellen.

Tabelle 9: Korrelationen zwischen an 'Goldkind'-Einzelpflanzen (EP) 1996 erfassten Erträgen bzw. Farbstoffgehalten und verschiedenen Merkmalen von geklonten Pflanzen im Parzellenanbau der Jahre 1997 bis 1999 (n = 19) sowie 2002

Korrelation zwischen	r 1997	r 1998	r 1999	r 2002
TM-Ertrag EP 1996 : TM Klon/Parzelle	0,78***	0,44	- 0,08	-
TM-Ertrag EP 1996 : Farbstoffgehalt Klon	- 0,04	0,06	- 0,02	-
TM-Ertrag EP 1996 : Farbstofftrag Klon/Parzelle	0,63**	0,47*	- 0,02	-
Farbstoffgehalt EP 1996 : Farbstoffgehalt Klon	- 0,03	0,25	0,43	0,69**
Farbstoffgehalt EP 1996 : Farbstofftrag Klon/Parzelle	0,46*	0,39	0,01	0,21

Die gefundenen Korrelationen sind wenig aussagekräftig und nur in einigen Fällen signifikant. Entscheidend für den Farbstofftrag je Flächeneinheit, auf den es letztendlich beim Anbau von Färberpflanzen ankommt, ist offenbar nur die Höhe des Biomassebildungsvermögens der EP, auf die der entsprechende Klon zurückgeht. Allerdings gilt das auch nicht für alle Jahre. Die starke Abhängigkeit des Farbstofftrages vom Biomassertrag zeigte sich nach der Selektion von 112 EP aus einer 1000 m²-Parzelle der Sorte 'Goldkind' im Jahr 2000. Nach der Ermittlung des Trockenmasseertrages und des Farbstoffgehaltes der EP konnten die in Abbildung 5 dargestellten Korrelationen festgestellt werden. Der Farbstofftrag einer Pflanze - und damit nach den obigen Ergebnissen einer Fläche - wird danach zu 80 % von deren Trockenmasseertrag bestimmt und nur zu 17 % vom Farbstoffgehalt, obgleich diese sich in ihrer Höhe um mehr als 100 % unterscheiden können.

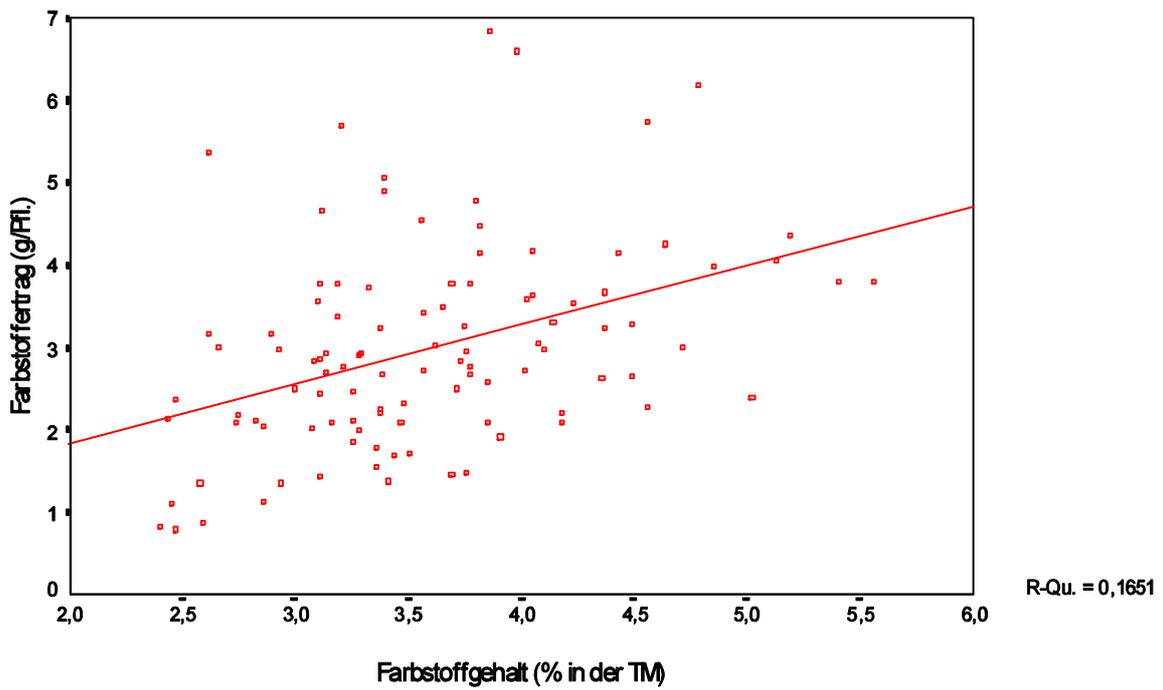
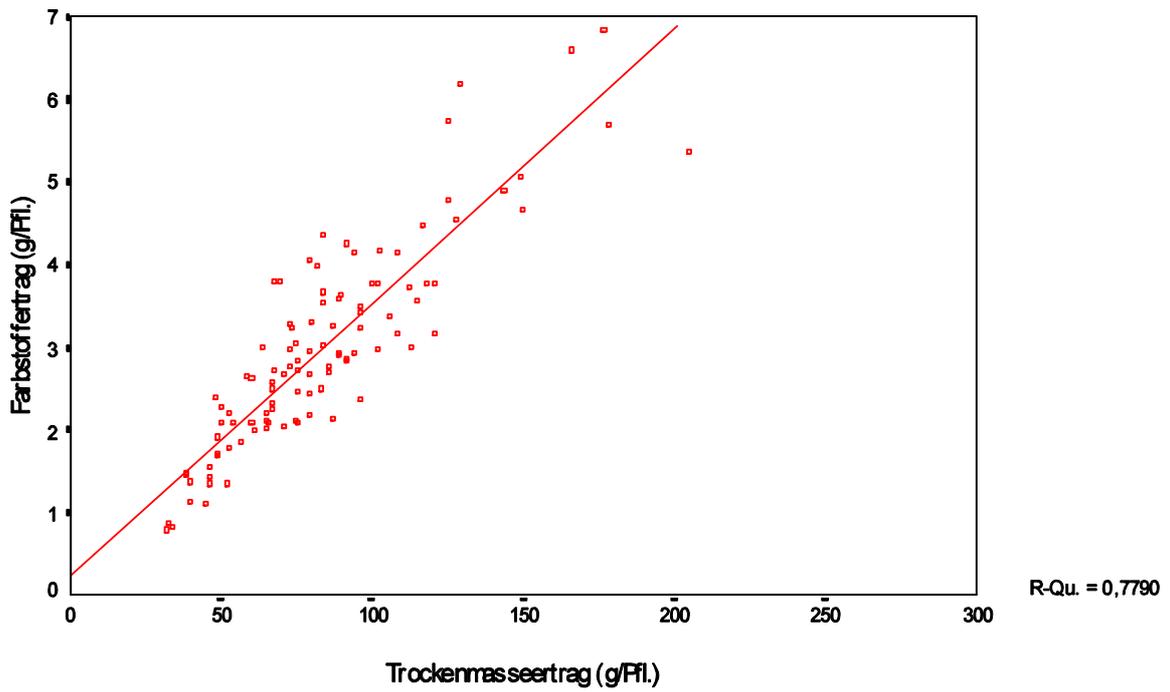


Abbildung 5: Beziehungen zwischen Farbstoffertrag und Trockenmasseertrag bzw. Farbstoffgehalt bei ‚Goldkind‘-Einzelpflanzen, Dornburg 2000

Die alleinige Selektion auf ein hohes Stoffbildungsvermögen erschien wenig befriedigend, weil, wie bereits mehrfach erörtert, in Hinblick auf Transport-, Trocknungs- und Extraktionskosten ein Produkt mit höheren Wirkstoffgehalten bei gleichzeitig maximalen Wirkstofferträgen je Flächeneinheit am günstigsten ist.

Um mehr Informationen zu erhalten, ob dieses Ziel bei der Goldrute eventuell doch zu erreichen ist, sind die erwähnten 19 'Goldkind'-Klone im Jahr 2000 noch einmal verklont und ohne Wiederholung auf Parzellen ortsüblicher Größe (13,5 m²) ohne Wiederholungen angebaut worden. Dadurch sollten exaktere Ergebnisse, insbesondere in Hinblick auf das Ertragsbildungsvermögen der einzelnen Klone gewonnen werden. Gleichzeitig wurde das Ziel verfolgt, festzustellen, inwieweit sich die beiden wertbestimmenden Merkmale Trockenmasseertrag und Farbstoffgehalt über die Jahre als stabil erweisen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 und 11 enthalten.

Tabelle 10: Erträge und Wuchshöhe der 19 'Goldkind'-Klone, Dornburg 2001 und 2002

Klon-Nr.	Ertrag (dt TM/ha)				Σ 2001 + 2002	Wuchshöhe (cm)	
	2001		2002	2001		2002	
	1. Schnitt	2. Schnitt					
2	48,8	8,0	56,8	74,4	131,2	78	84
4	57,2	7,0	64,2	76,3	140,5	89	97
8	78,7	18,0	96,7	81,6	178,3	86	97
13	81,2	15,8	97,0	84,4	181,4	85	78
15	88,2	17,2	105,4	110,5	215,9	85	107
19	77,8	26,3	104,1	81,9	186,0	86	94
21	64,0	14,2	78,2	85,6	163,8	86	85
23	17,8	-	17,8	39,0	56,8	70	77
24	52,7	-	52,7	68,5	121,2	84	84
25	92,5	-	92,5	75,2	167,7	85	87
26	68,2	10,2	78,4	68,0	146,4	79	87
27	64,4	13,3	77,7	93,6	171,3	99	92
30	79,0	28,4	107,4	94,8	202,2	108	110
31	79,1	25,2	104,3	86,3	190,6	80	92
34	23,8	5,7	29,5	23,7	53,2	72	81
35	72,4	7,0	79,4	80,9	160,3	99	87
36	71,2	2,0	73,2	70,4	143,6	90	99
37	92,2	25,2	117,4	109,0	226,4	88	92
43	70,7	23,4	94,1	90,1	184,2	82	76

Tabelle 11: Farbstoffgehalte der 19 'Goldkind'-Klone von 1996 bis 2002

Nr.	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002	
	(% TM)	Rang												
2	2,80	17	2,22	6	-	-	3,28	8	3,56	10	4,28	8	2,75	15
4	4,11	2	1,75	14	4,15	1	3,53	6	4,57	1	5,80	1	3,46	9
8	3,11	14	1,81	13	2,60	10	2,79	13	2,78	14	2,54	18	1,85	19
13	3,59	8	1,68	15	3,07	3	3,25	9	3,86	5	4,32	7	3,89	4
15	2,80	17	2,32	5	2,62	9	-	-	3,26	11	5,48	3	2,65	17
19	2,92	15	1,13	18	2,24	13	3,56	5	2,48	17	4,36	6	2,84	14
21	3,20	13	2,08	8	3,58	2	3,25	9	4,14	3	5,28	4	4,15	3
23	3,45	9	2,67	1	-	-	3,32	7	3,63	8	4,45	5	3,47	8
24	3,60	7	2,36	4	-	-	3,67	4	2,37	18	3,96	12	3,54	7
25	3,83	4	2,56	2	2,82	6	4,08	1	2,71	15	5,80	1	4,74	1
26	3,95	3	1,39	17	2,88	5	1,65	15	-	-	4,19	10	3,82	5
27	3,67	6	1,86	11	2,21	14	3,18	11	2,83	12	2,37	19	3,00	11
30	2,57	19	2,47	3	2,55	11	1,52	16	3,94	4	2,93	17	2,61	18
31	3,37	11	1,55	16	2,41	12	3,68	3	4,17	2	3,15	14	2,82	15
34	3,70	5	1,98	10	2,08	15	-	-	3,80	6	3,59	13	3,78	6
35	3,25	12	2,04	9	1,98	16	-	-	2,78	13	3,03	15	3,06	10
36	3,41	10	2,14	7	2,94	4	3,15	12	2,71	15	4,11	11	2,87	13
37	4,80	1	1,83	12	2,65	8	3,88	2	3,58	9	4,28	9	4,42	2
43	2,84	16	0,98	19	2,76	7	2,13	14	3,71	7	3,15	4	3,00	11
\bar{x}	3,42		1,94		2,72		3,12		3,38		4,06		3,30	
s_x	2,57 - 4,80		0,98 - 2,67		1,98 - 4,15		1,52 - 4,08		2,37 - 4,57		2,37 - 5,80		1,85 - 4,74	

Die Trockenmasseerträge der einzelnen Klone im Anpflanzjahr 2000 waren nur gering und durch den Ausfall von z. T. mehreren Pflanzen nicht unbedingt repräsentativ, so dass sie in Tabelle 10 nicht berücksichtigt sind. Zwischen den Erträgen des Jahres 2001 und 2002 besteht eine gute Übereinstimmung. Damit dürfte eine relativ gute Einschätzung des Ertragsvermögens der einzelnen Klone gewährleistet sein. Ein 2. Schnitt wurde nur im Jahr 2001 bei 13 der 19 Klone erreicht. Im Jahr 2002 kam kein Klon ein zweites Mal zur Blüte. Zwischen der Zeitigkeit der Klone und ihrem Biomasseertrag besteht kein Zusammenhang. Klone mit einer Wuchshöhe < 80 cm bringen dagegen deutlich niedrigere Erträge als etwas hochwüchsiger. Wegen ihres verminderten Längenwachstums besitzen sie zudem nur eine begrenzte Konkurrenzkraft gegenüber immer wieder aufkommenden Unkräutern. Möglicherweise lässt sich ihre Massebildung je Flächeneinheit bei engerem Pflanzabstand als den im Versuch gewählten 30 x 30 cm steigern und stabilisieren.

In Bezug auf den Farbstoffgehalt liegen bisher 7jährige Ergebnisse vor. Sieht man von den Werten des Jahres 1997 ab, die wahrscheinlich als Folge des Verklonens sehr niedrig ausgefallen waren, gestatten sie Aussagen über die Stabilität und die Ausprägung dieses Merkmals in den einzelnen Jahren. So weisen die Klone 2, 19, 27 und 35 immer nur maximal durchschnittliche, meist aber unterdurchschnittliche Farbstoffgehalte auf. Überdurchschnittliche Werte waren bei den Klonen 4, 25 und 37 in fast jedem Jahr festzustellen. Dennoch variieren bei beiden Gruppen die Farbstoffgehalte in den 6 Jahren (1997 nicht berücksichtigt) zwischen 1,65 und 4,28 % in der TM (σ 2,90) bzw. 2,65 und 5,80 % in der TM (σ 4,07). Das sind Schwankungsbreiten von 236 bzw. 219 %. Die Schwankung der Farbstoffgehalte ist sicher, wie bei den beiden anderen Gelbfarbstoffpflanzen Färberhundskamille und Färberwau, auf günstige bzw. ungünstige Witterungsbedingungen zur Zeit der Blüte und damit

der Ernte zurückzuführen. Ähnlich wie bei den beiden ersten Arten konnte auch für die Goldrute ein Einfluss der Strahlungsintensität auf die Merkmalsausprägung festgestellt werden (Abb. 6).

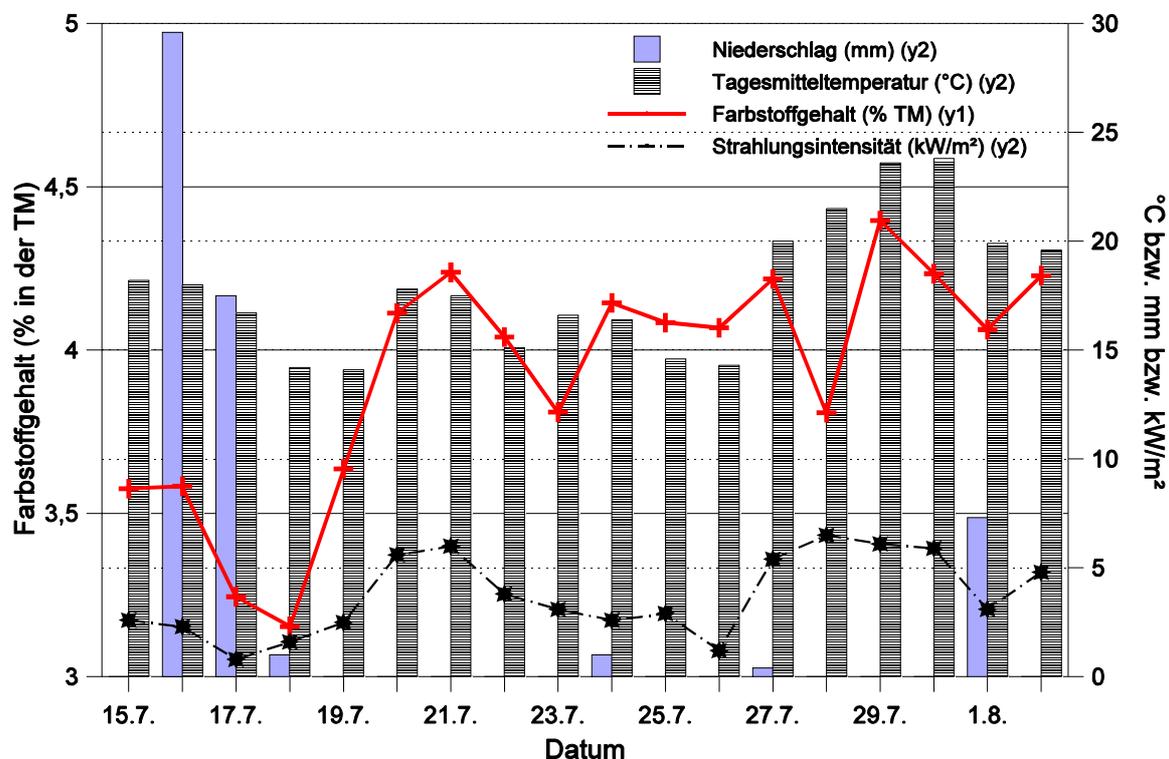


Abbildung 6: Einfluss von Temperatur, Niederschlag und Strahlungsintensität auf den Farbstoffgehalt von Goldrute (Klon 43), Dornburg 2002

In der Periode mit niedriger Globalstrahlung ($\leq 2,4 \text{ kW/m}^2$) vom 15.07. bis 19.07.2002 sind die Farbstoffgehalte durchschnittlich $\frac{2}{3}$ niedriger als bei den restlichen Ernteterminen, zu denen die Globalstrahlung in der Regel Werte zwischen 4 und 6 kW/m^2 erreichte. Auch die mit 4,06 % in der TM hohen durchschnittlichen Werte des Jahres 2001 gegenüber 2002 weisen in die gleiche Richtung: die durchschnittliche Strahlungsintensität während der gesamten Ernteperiode betrug 4,9 kW/m^2 , 2002 dagegen nur 3,7 kW/m^2 .

Wenn die Farbstoffgehalte der Goldrute eine ähnlich hohe Umweltabhängigkeit wie bei Färberhunds-kamille und Färberwau aufweisen, ist das nicht weiter verwunderlich, handelt es sich doch bei den Farbstoffen der aller drei Färberpflanzen chemisch um die gleiche Stoffgruppe.

In Tabelle 12 sind die berechneten Farbstoffträge der Jahre 2000 bis 2002 bzw. 2001 und 2002 dargestellt. Wie nicht anders zu erwarten, werden die Farbstoffträge deutlich durch die Trocken-masseerträge mitbestimmt, wobei die Korrelation aber nicht sehr eng ist und außerdem Korrelations-brecher auftreten. So realisiert der Klon 37 seine Spitzenstellung in erster Linie durch einen überragenden Biomasseertrag, Klon 25 dagegen durch überragende Farbstoffgehalte. Letzterer entspricht damit dem angestrebten Zuchtziel. Aus der Tabelle lässt sich weiterhin ableiten, dass die Farbstoff-erträge eines 2. Schnittes nur gering sind. Eine zweischnittige Nutzung der Goldrute ist daher wenig sinnvoll.

Tabelle 12: Farbstoffträge (kg/ha) der 19 'Goldkind'-Klone, Dornburg 2000 bis 2002 bzw. 2001 und 2002

Klon-Nr.	2000	2001			2002	Σ 2000 bis 2002	Σ 2001 und 2002
		1. Schnitt	2. Schnitt	Σ			
2	18,3	208,9	13,4	222,3	204,3	444,9	426,6
4	32,4	331,8	11,6	343,4	263,5	639,3	606,9
8	41,2	199,9	40,1	240,0	150,7	431,9	390,7
13	48,6	392,2	45,7	437,9	328,1	814,6	766,0
15	42,5	483,3	39,4	522,7	292,4	857,6	815,1
19	21,5	339,2	54,4	393,6	232,2	647,3	625,8
21	35,4	337,9	35,6	373,6	355,3	764,3	728,9
23	14,1	79,2	-	79,2	135,3	214,5	200,4
24	30,0	208,7	-	208,7	242,7	481,4	451,4
25	42,8	536,5	-	536,5	356,7	936,0	893,2
26	-	-	-	328,5	259,5	-	588,0
27	35,1	152,6	16,2	168,8	280,7	484,6	449,5
30	69,9	230,7	61,1	291,8	247,7	609,4	539,5
31	53,8	249,2	-	249,2	243,3	492,5	438,7
34	23,3	85,4	12,5	97,9	89,7	210,9	187,6
35	43,5	219,4	10,9	230,3	247,4	521,2	477,7
36	61,5	292,6	4,6	297,2	201,9	560,6	499,1
37	76,5	394,6	112,1	506,7	482,0	1065,2	988,7
43	37,9	282,7	93,4	316,1	270,0	624,0	586,1

2.2.2.3 Einzelpflanzenselektion zur Entwicklung homozygoter 'Goldkind'-Stämme

Zur Entwicklung homozygoter Linien aus der Sorte 'Goldkind' wurde auf die bereits oben erwähnten 112 EP zurückgegriffen, von denen Saatgut unter Isolation gewonnen wurde. Einziges Kriterium für die Fortführung einer EP war deren Frühzeitigkeit. Obgleich bei der Selektion späte Genotypen ausgeschlossen wurden, unterschieden sich die Pflanzen in ihrem Blühtermin noch um ca. 14 Tage (Tab. 13).

Tabelle 13: Blühtermin der aus einer Großparzelle selektierten Einzelpflanzen der Sorte 'Goldkind', Dornburg 2000

Pflanzennummer	Blühtermin
1 - 19	03.07.2000
20 - 55	07.07.2000
56 - 77	11.07.2000
78 - 112	19.07.2000

Nur Saatgut von Pflanzen der Blühtermine 03.07. und 07.07. kam wieder zur Aussaat. Da die Keimfähigkeit des Saatgutes relativ gering war, konnten nur 23 Einzelpflanzennachkommenschaften mit unterschiedlichen Pflanzenzahlen im Frühjahr 2001 ins Feld gepflanzt werden. Über die Merkmale Farbstoffgehalt und -ertrag sowie EP-Ertrag gibt Tabelle 14 Auskunft. Es ist ersichtlich, dass die Variabilität der Pflanzen in allen Merkmalen sehr groß ist und teilweise mehr als 200 % beträgt. Von 20 EPN ist im Jahr 2001 bei einer jeweils unterschiedlichen Anzahl Pflanzen eine Farbstoffbestimmung vorgenommen und Saatgut unter Isolation gewonnen worden. Die unterschiedliche Anzahl Pflanzen bei den einzelnen EPN war dadurch bedingt, dass nur jeweils eine begrenzte Zahl Pflanzen im Anpflanzjahr die Blüte erreichten. Die Werte dieser Untersuchungen sind ebenfalls in der Tabelle 14 enthalten.

Tabelle 14: Farbstoffgehalt, -ertrag und Trockenmasseertrag der für den Nachbau 2001 ausgewählten 'Goldkind'-Einzelpflanzen der Ernte 2000 (Rangfolge innerhalb aller 112 selektierten EP) sowie Variabilität des Nachbaus 2001

Pfl.-Nr.	Ausgangspflanzen 2000				Ertrag		Nachbau 2001	
	Farbstoffgehalt (% i. d. TM)	Rang	Farbstoffe­rtrag (g/Pfl.)	Rang	(g TM/Pfl.)	Rang	Anzahl	Variabilität des Farbstoffgehaltes (% TM)
7	5,02	5	2,41	69	48,0	100	6	1,63 - 6,67
8	5,41	2	3,79	20	70,0	74	-	-
9	5,13	4	4,05	18	79,0	59	2	4,66 - 4,85
11	3,75	41	3,26	37	87,0	44	2	0,54 - 2,51
12	4,11	22	3,00	46	73,0	71	1	4,19
13	5,20	3	4,36	13	84,0	51	6	2,31 - 5,24
16	5,56	1	3,78	21	68,0	76	2	5,60 - 6,50
17	3,40	57	4,90	8	144,0	7	1	6,05
20	4,37	16	3,23	39	74,0	68	-	-
22	3,19	74	3,38	34	106,0	24	1	5,46
25	4,18	20	2,22	75	53,0	92	6	4,17 - 5,46
30	3,82	34	4,17	15	109,0	22	5	1,80 - 3,68
31	3,77	38	3,77	22	100,0	29	-	-
34	4,71	8	3,02	44	64,0	85	1	2,61
35	3,38	61	3,24	38	96,0	32	1	3,24
36	3,57	49	3,43	33	96,0	31	5	4,17 - 6,95
40	3,40	56	5,07	7	149,0	6	4	4,28 - 6,77
42	4,24	18	3,56	31	84,0	50	3	4,03 - 5,61
43	3,12	78	4,68	10	150,0	5	7	3,41 - 5,36
44	3,38	60	2,26	74	67,0	79	4	3,06 - 4,19
46	3,19	73	3,77	23	118,0	15	6	3,17 - 4,72
48	4,05	24	4,17	15	103,0	26	7	2,74 - 5,75
49	4,37	15	3,67	27	84,0	49	4	3,17 - 5,49

Weitergehende Variabilitätsuntersuchungen an den EPN waren erst im Jahr 2002 möglich. Es zeigte sich, dass alle Nachkommenschaften hoch heterozygot waren und in den Merkmalen Zeitigkeit und Wuchshöhe stark variierten (Tab. 15). So lag die Vollblüte innerhalb einzelner EPN bis zu 6 Wochen auseinander. Das Auswahlkriterium Frühzeitigkeit hat sich damit als völlig ungeeignet erwiesen.

Tabelle 15: Variabilität von 'Goldkind'-EPN hinsichtlich ihrer Wuchshöhe und des Blühdatums 2002

Ausgangspflanze	Anzahl Pflanzen	Wuchshöhe (cm)	Blühdatum
7	9	47 - 79	07.07. - 27.07.
8	1	66	21.07.
9	2	64, 66	18.07., 21.07.
11	3	58 - 69	10.07. - 25.07.
12	1	59	17.07.
13	30	46 - 91	08.07. - 27.07.
16	4	44 - 75	07.07. - 27.07.
17	2	40, 66	19.07.
20	1	40	01.08.
22	1	68	11.07. - 30.07.
25	26	50 - 88	07.07. - 27.07.
30	20	56 - 82	11.07. - 30.07.
31	2	61, 85	25.07., 01.08.
34	2	49, 72	11.07., 23.07.
35	1	81	19.07.
36	21	59 - 90	09.07. - 27.07.
40	28	55 - 91	01.07. - 27.07.
42	5	63 - 79	09.07. - 23.07.
43	26	44 - 87	12.07. - 18.08.
44	19	59 - 88	08.07. - 22.07.
46	13	49 - 93	07.07. - 08.08.
48	28	43 - 99	01.07. - 03.08.
49	18	51 - 87	08.07. - 27.07.
Σ 23	271	s_x 40 - 90	01.07. - 18.08.

Auch die Reexamination der Farbstoffgehalte ergab nur in wenigen Fällen eine Übereinstimmung mit den Daten des Jahres 2001 (Tab. 16).

Tabelle 16: Wuchshöhe, Blühtermin und Farbstoffgehalt ausgewählter 'Goldkind'-EP, Dornburg 2002

Pflanzen-Nr.	Wuchshöhe	Blühtermin	Farbstoffgehalt (% in der TM)	
			2001	2002
7/2	73	07.07.	-	4,26
7/3	67	07.07.	-	4,88
7/4	58	13.07.	6,69	5,34
13/4	61	09.07.	5,24	5,09
16/2	75	27.07.	5,60	4,81
16/4	60	07.07.	6,50	3,25
22/1	68	11.07.	5,46	5,42
25/4	79	21.07.	5,46	3,83
25/8	50	25.07.	5,46	4,09
36/5	72	10.07.	6,95	4,19
36/8	85	11.07.	6,77	3,97
40/3	69	10.07.	5,83	4,84
40/10	65	01.07.	-	5,53
40/11	74	08.07.	-	4,21
40/12	68	10.07.	6,77	5,08
40/26	81	08.07.	-	3,79
43/16	73	19.07.	-	3,92
48/5	43	27.07.	4,82	4,89
48/12	99	01.08.	-	3,62
48/14	85	10.07.	-	4,07
48/24	60	01.07.	4,04	3,74
48/28	74	19.07.	5,75	4,28

Dennoch scheinen einige Pflanzen bzw. auch EPN (7, 13, 40) für eine Weiterführung geeignet zu sein. Die im Jahr 2002 z. T. bereits als I₃ neu angebauten Pflanzen erreichten das Blühstadium nicht.

2.2.3.4 Zusammenfassende Betrachtung zur Züchtung der Goldrute

Entgegen ersten Befürchtungen ist auch bei der Goldrute ein hoher Farbstofftrag je Flächeneinheit durch Typen mit hohen Farbstoffgehalten zu erreichen, wie das Beispiel des Klons 25 beweist. Der Klon ist aber, nach allem was über den vorherrschenden Befruchtungsmodus bei der Goldrute bekannt ist, hoch heterozygot und kann „sortenecht“ deshalb nur vegetativ durch Teilung der Pflanzen vermehrt werden. Das ist ein relativ aufwändiges Verfahren und kommt nur in Betracht, wenn kurzfristig größere Mengen qualitativ hochwertigen Materials benötigt werden. Für die Anlage größerer Bestände sollte man besser auf samenechte Sorten zurückgreifen. Sie sind durch fortgesetzte Inzucht mit Selektion der qualitäts- und ertragsmäßig besten Formen zu erhalten. Als mögliches Ausgangsmaterial könnte der Klon 25, eventuell auch Klon 37 sowie EPN, bei denen entsprechende Arbeiten bereits begonnen sind, dienen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt erscheint es jedoch fraglich, dass Goldrute in absehbarer Zeit in größerem Umfang zum Färben eingesetzt wird. Es hat sich nämlich bei den Versuchen zur Lederfärbung herausgestellt, dass die Goldrute trotz hoher Farbstoffgehalte keine besonders positive Färberpflanze ist. Die erreichbaren Gebrauchsechtheiten bewegen sich höchstens auf mittlerem Niveau, und bei der Gewinnung von Extrakten werden immer größere Mengen an Lipiden und Chlorophyll extrahiert, die sich bei den Färbungen störend bemerkbar machen.

2.2.4 Färberknöterich

2.2.4.1 Allgemeines

Von allen blauen Farbstoff liefernden Pflanzenarten kommen für einen Anbau in Europa nur Isatis-Arten und Färberknöterich in Betracht. Unter mitteleuropäischen Bedingungen dürfte letztgenannter die bei weitem geeignetere Art sein. Er erbringt nicht nur gleiche Biomasseerträge wie Waid, sondern weist auch gleichzeitig einen etwa 5fachen Gehalt an Indigovorstufen (Indican) auf. Trotz des hohen Gehaltes an Indican (= Indoxyl- β -D-glucosid) wäre es wünschenswert, merklich farbstoffreichere Formen zu haben, weil dadurch

1. die noch immer sehr hohen Herstellungskosten gesenkt und damit die Konkurrenzfähigkeit von Indigo naturalis europäischer Herkunft gegenüber Indigofera-Indigo aus den traditionellen Indigoerzeugerländern Asiens oder Mittelamerikas erhöht werden könnte,
2. die Verunreinigung des Indigos durch organische und anorganische Pflanzenbestandteile bzw. an den Blättern anhaftenden Schmutz verringert und
3. der Einsatz von Extraktionsmitteln und Transportraum herabgesetzt werden könnte.

Verschiedene Knöterichherkünfte weisen nur eine geringe Variabilität zwischen sich und auch innerhalb der Herkunft auf. Deshalb ist versucht worden, durch mutagene Behandlung zu einer Variabilitätsenerweiterung zu gelangen.

2.2.4.2 Erzeugung eines selektionsfähigen Mutationsrumsches

Färberknöterich-Saatgut ist in $n/15$ m-KH₂PO₄-Lösung (pH-Wert = 4,50 - 4,75) von Natrium-azid (NaN₃) bzw. N-Nitromethylharnstoff (NMH) 6 h submers bei ca. 25 °C eingequollen, danach kurz mit Wasser gespült und nachgetrocknet worden. Folgende Mutagenkonzentrationen kamen zur Anwendung:

NaN₃: 4, 6, 8, 10 mM

NMH: 2,3,4,6 mM

Das behandelte Saatgut wurde in Saatschalen im Gewächshaus angezogen und am 10.05.1999 ins Freiland gepflanzt. Die bepflanzte Fläche betrug bei allen Behandlungsvarianten 30 m². Über die erzeugten M₁-Saatgutmengen berichtet Tabelle 17.

Tabelle 17: Geerntete Saatgutmengen von Färberknöterich nach mutagener Behandlung

Mutagenbehandlung	Saatgutmenge (g/Parzelle)
4 mM NaN ₃	75
6 mM NaN ₃	65
8 mM NaN ₃	90
10 mM NaN ₃	85
\bar{x}	83,7
2 mM NMH	20
3 mM NMH	35
4 mM NMH	50
6 mM NMH	15
\bar{x}	32,3

Trotz der Schwankungen zwischen den Parzellen ist ersichtlich, dass NaN₃, wie bekannt, offensichtlich wenig Einfluss auf das Wachstum und den Samenertrag des Färberknöterichs hatte. Die mit NMH behandelten Varianten bringen nur ca. ein Drittel des Samenertrages der NaN₃-Parzellen. Sie

waren außerdem weniger wüchsig als letztere. Besonders traf dies auf die höchste NMH-Konzentration (6 mM) zu, bei der rein optisch eine deutliche Wachstumsretardation zu verzeichnen war. Erstaunlich ist, dass immer noch genug Samen keimfähig waren und auch überlebensfähige Pflanzen ergaben. Offenbar dringt das Mutagen nur in verzögertem Maße in die hart- und dickschaligen Knöterichsamen ein.

Für die weitere Selektion wurde nur die 6 mM NMH-Variante berücksichtigt, da hier die meisten Effekte zu erwarten waren.

2.2.4.3 Selektion in der M₂ und M₃

Mit dem 1. Selektionszyklus ist 2000 in der M₂ begonnen worden. Dazu wurden nach der Voranzucht des Färberknöterichs die Pflanzen Ende Mai ins Feld gepflanzt (30 x 30 cm Pflanzabstand) und nach Heranwachsen von insgesamt 231 Einzelpflanzen Blattproben von ca. 10 g Frischmasse in mehreren Intervallen entnommen und in dem erntefrischen Material der Indicangehalt bestimmt. Das Saatgut der nicht selektierten Pflanzen wurde insgesamt geerntet und als M₃ zur Selektion weiterer EP analog zum Jahr 2000 auch 2001 wiederum angebaut. Insgesamt wurden im Jahr 2001 302 EP selektiert und deren Farbstoffgehalt analysiert.

Gleichzeitig ist in dem Mutationsramsches noch nach früher blühenden Formen gesucht worden, um mit der Kurztagspflanze Färberknöterich auch unter mitteleuropäischen Bedingungen eine sichere Saatguterzeugung zu erreichen. Dazu wurden 2001 ca. 50 Pflanzen selektiert, deren Blühbeginn etwa 14 Tage früher lag als bei dem Gros der restlichen Pflanzen. Ein Teil der ausgelesenen Typen wurde ebenso wie dasjenige der wegen ihres höheren Farbstoffgehaltes ausgewählten Einzelpflanzen 2002 zur Bestätigung/Nichtbestätigung nachgebaut.

Trotz einer beträchtlichen Variabilität sind im Jahr 2000 Werte, die außerhalb des Bereichs der 3fachen Streuung ($> \bar{x} + 3 s$) liegen und damit mit großer Wahrscheinlichkeit einen anderen Idiotyp darstellen, nicht vorhanden. Im Jahr 2001 waren Typen mit einem Indicangehalt von $\geq \bar{x} + 3 s$ vorhanden, wie man Tabelle 18 entnehmen kann und wie auch aus der Variabilitätskurve (Abb. 7) der Einzelwerte ersichtlich ist. Die meisten der analysierten Typen sind allerdings negativ, wie die starke Linkslastigkeit der Verteilungskurve belegt. Jenseits der Grenze von $> \bar{x} + 2 s$ lagen im Jahr 2000 6 Pflanzen. Wenn man die einzelnen Erntetermine hinsichtlich ihrer Mittelwerte und Streuungen einzeln betrachtet, erhöht sich die Zahl der Pflanzen mit Farbstoffgehalten $\geq \bar{x} + 2 s$ auf 10 Pflanzen. Auch sie sind mit hoher Wahrscheinlichkeit ($> 95\%$) als abweichende Idiotypen anzusehen. Zusätzlich zu diesen 10 Pflanzen sind weitere 13 mit Indicangehalten, die nahe an die Selektionsgrenze von $\bar{x} + 2 s$ heranreichten, für den Nachbau 2001 ausgewählt worden. Zur Kontrolle erfolgte außerdem ein Nachbau von 2 Einzelpflanzennachkommenschaften mit mittleren Farbstoffgehalten.

Tabelle 18: Variabilität der Indicangehalte der untersuchten Einzelpflanzen des M₂-Mutationsramsches (2000) und des M₃-Mutationsramsches 2001, Dornburg

Merkmal	Jahr	n	\bar{x}	Minimum	Maximum	s	$s_{\bar{x}}$	Selektionsgrenze	
								$\bar{x} + 2 s$	$\bar{x} + 3 s$
Indicangehalt (% TM)	2000	231	4,51	0,0	8,89	1,77	0,12	8,05	9,62
Indicangehalt (% FM)	2001	302		0,3	9,60		0,10	6,90	8,50

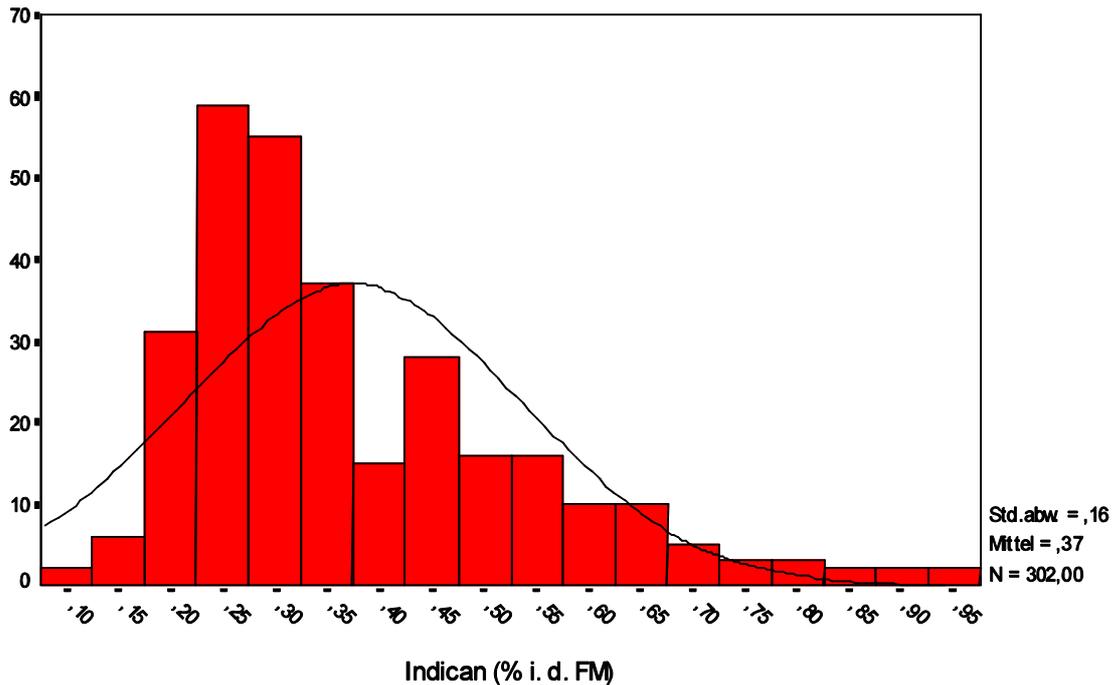


Abbildung 7: Verteilung des Indican Gehaltes aller selektierten Färberknötericheinzelpflanzen des Mutationsramsches Dornburg 2001 (n = 302)

Im Jahr 2002 übertrafen 6 Pflanzen mit ihren Werten die Grenze $\bar{x} + 3s$, bei der Selektionsgrenze von $\bar{x} + 2s$ sind es sogar 16 Einzelpflanzen.

Nicht so positiv sind allerdings die Ergebnisse, wenn man Variabilität, Mittelwerte und Streuung der Werte der einzelnen Erntetermine betrachtet (Tab. 19).

Tabelle 19: Variabilität des Indican Gehaltes von Färberknötericheinzelpflanzen zu verschiedenen Ernteterminen, Dornburg 2001

Erntetermin	n	\bar{x}	Min.	Max.	s	s_x	$(\bar{x} + 3s)$ % Indican in der FM	$(\bar{x} + 2s)$ % Indican in der FM	Anzahl Pflanzen mit Indican Gehalten (%) von	
									$> \bar{x} + 3s$	$> \bar{x} + 2s$
31.07.	43	2,9	1,22	5,92	0,9	0,1	0,56	0,47	2	2
02.08.	20	2,7	1,68	3,82	0,6	-	0,45	0,33	0	1
06.08.	49	3,1	1,32	6,40	1,2	0,1	0,67	0,55	0	4
08.08.	46	4,1	2,08	6,41	1,1	0,1	0,74	0,63	0	1
13.08.	49	3,0	2,05	5,90	0,8	0,1	0,54	0,46	1	2
15.08.	45	5,2	1,65	9,61	2,3	0,5	1,21	0,98	0	0
22.08.	50	4,7	1,12	8,65	1,6	0,3	0,95	0,79	0	2

Dies ist durch die beträchtlichen Unterschiede der Mittelwerte der Indican Gehalte zu den einzelnen Ernteterminen bedingt. Eine eindeutige Erklärungsmöglichkeit für die doch sehr verschiedene Höhe der Indigovorstufe in den Knöterichpflanzen der unterschiedlichen Erntetermine konnte bisher noch nicht gefunden werden. Auf mögliche Ursachen wird später noch näher eingegangen.

Immerhin lassen sich auch noch bei Betrachtung der einzelnen Termine eine Anzahl von Pflanzen

ausmachen, die die vorgegebenen Selektionskriterien erfüllen. So wiesen 3 Einzelpflanzen einen Indicangehalt von $> (\bar{x} + 3 s)$ % und 12 einen solchen von $> (\bar{x} + 2 s)$ % auf. Allerdings sind es weitgehend andere Individuen als bei Betrachtung sämtlicher 302 geernteten Pflanzen. So fallen sämtliche Pflanzen des Erntetermins 15.08.2001 aus der Auswahl heraus, obgleich sie teilweise die höchsten im Jahr 2001 ermittelten Indicangehalte aufwiesen. Das erschwerte eine Auswahl der Einzelpflanzennachkommenschaften für den Bestätigungsnachbau im nächsten Jahr. Saatgut der 25 im Jahr 2000 als positiv eingeschätzten Mutanten wurde 2001 als Einzelreihe (9 m Länge) zusammen mit dem M₃-Mutationsramsches nachgebaut.

2.2.4.4 Bestätigungsnachbau

Die 2001 analysierten Indicangehalte von 25 Einzelpflanzennachkommenschaften des Mutationsramsches 2000 sind in Tabelle 20 enthalten.

Tabelle 20: Indicangehalte von 25 Einzelpflanzennachkommenschaften des Mutationsramsches 2000, Dornburg 2001

Pflanzennummer	Indicangehalt (% i. d. FM)	
	2000	2001
1	17,55	5,28
2	11,47	4,58
3	15,10	3,30
4	16,73	5,06
5	22,31	5,08
6	17,36	7,05
7	19,98	3,24
8	16,41	3,81
9	19,68	8,16
10	19,64	3,93
11	17,30	6,44
12	22,00	6,98
13	24,78	
14	23,10	6,50
15	17,16	8,71
16	19,91	3,93
17	15,26	11,24
18	16,50	7,11
19	15,26	6,49
20	15,01	5,49
21	16,85	12,71
22	19,40	13,36
23	17,71	13,26
24	18,50	13,26
25	11,58	7,30
\bar{x}		6,93

Wie zu erwarten bestätigten sich die meisten „Mutanten“ nicht. Fünf Einzelpflanzennachkommenschaften liegen aber mit ihrem Indicangehalt mehr als 60 % höher als das Mittel der Proben. Diese Überlegenheit entspricht derjenigen des Jahres 2000, wo die für den weiteren Nachbau ausgewählten Pflanzen das Mittel aller analysierten Einzelpflanzen hinsichtlich des Indicangehaltes um 45 - 97 % übertrafen. Sie sind wiederum im Jahr 2002 zusammen mit 28 hochindicanhaltigen und 10 frühreifen Mutanten zur weiteren Bestätigung/Nichtbestätigung ihrer verbesserten Merkmalsausprägung auf

Parzellen von 5,25 m² in 2facher Wiederholung im Feld angebaut worden. Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen ist in Abbildung 8 der Lageplan des Versuches wiedergegeben.

Rd.35	8b	6b 9,08	18b	15b 6,78	13b	11b	2b	41 a	1h 4,35	Rd.36	
Rd.19	17b 6,55			14b 7,04	12b 6,62	43a	1g 4,93	9b	7b	5b 7,25	Rd.52
Rd.52	50a	24b	1f 6,65	32b 5,89	28b 5,91	26b 7,13	22b	20b 7,99	21b	23b	Rd.51
Rd.51	37b	48a	33b 6,87	31b 7,74	1e 5,63	30b	47a	27b 6,64	25b	24b	Rd.50
Rd.46	37a	36a	35a	34a	33a 5,32	32a	31a 6,44	30a	40a 2,34		Rd.48
Rd.44	20a 6,99	21a	22a	23a	24a	1c 1,81	25a	26a 6,85	27a 6,27	28a 5,56	Rd.47
Rd.29	19a	18a	17a	1b 3,34	16a 5,68	15a 5,86	14a 4,74	13a	12a 4,54	11a	Rd.29
Rd.10	1a 2,64	2a	3a	4a	5a 2,09	6a 1,98	7a	8a	9a	42 a	Rd.10

1 = Standard

Erntetermin a-Wiederholung: 15.07. B-Wiederholung: 18.07.

Durchschnittlicher Indicangehalt des Standards zum 1. Erntetermin:

2,53 % Indican in der TM

Durchschnittlicher Indicangehalt des Standards zum 2. Erntetermin:

5,39 % Indican in der TM

Abbildung 8: Lageplan der Mutantenprüfung Färberknöterich, Dornburg 2002

Wegen der begrenzten Analysen- und Verarbeitungskapazität ist die a-Wiederholung am 15.07.2002, die b-Wiederholung am 18.07.2002 zum 1. Mal geschnitten worden. Die Blattproben zur Bestimmung des Indicangehaltes wurden unmittelbar vor der Ernte gewonnen.

Wie aus Abbildung 8 ersichtlich, weisen alle Standards (Prüfglied 1) beim ersten Schnitttermin am 15.07. 2002 nur sehr geringe Indicangehalte auf. Sie schwanken von 1,81 % bis 3,34 % Indican in der TM (\bar{x} 2,53 %). Beim zweiten Schnitttermin erreichen die 4 Standards einen Mittelwert von 5,39 % Indican in der TM (s_x 4,35 % - 6,65 %). Der Durchschnitt aller 8 Parzellen beträgt 3,96 % Indican in der TM. Beim 2. Schnitt nach ca. 6 Wochen, der ebenfalls wieder zu 2 Terminen im Abstand von 3 Tagen geerntet wurde, ist kein gravierender Unterschied im Indicangehalt der Standards der a- und b-Wiederholung festzustellen. Sie betragen durchschnittlich 6,99 % Indican in der TM (a-Wiederholung) und 5,87 % in der TM (b-Wiederholung). Damit scheiden Bodeneinflüsse als mögliche Ursache aus.

Auf der Suche nach möglichen Ursachen der niedrigen durchschnittlichen Indicangehalte zum ersten Termin des 1. Schnittes zeigte sich, dass der Wasserstatus des Bodens die einzige variable Umweltgröße zwischen den beiden Terminen war, indem am 16.07. und 17.07. über 50 mm Niederschlag fielen.

Bei einer Zeiternte des Knöterichs vom 08.07. - 25.07.2002 ist diese Abhängigkeit ebenfalls recht deutlich festzustellen (Abb. 9).

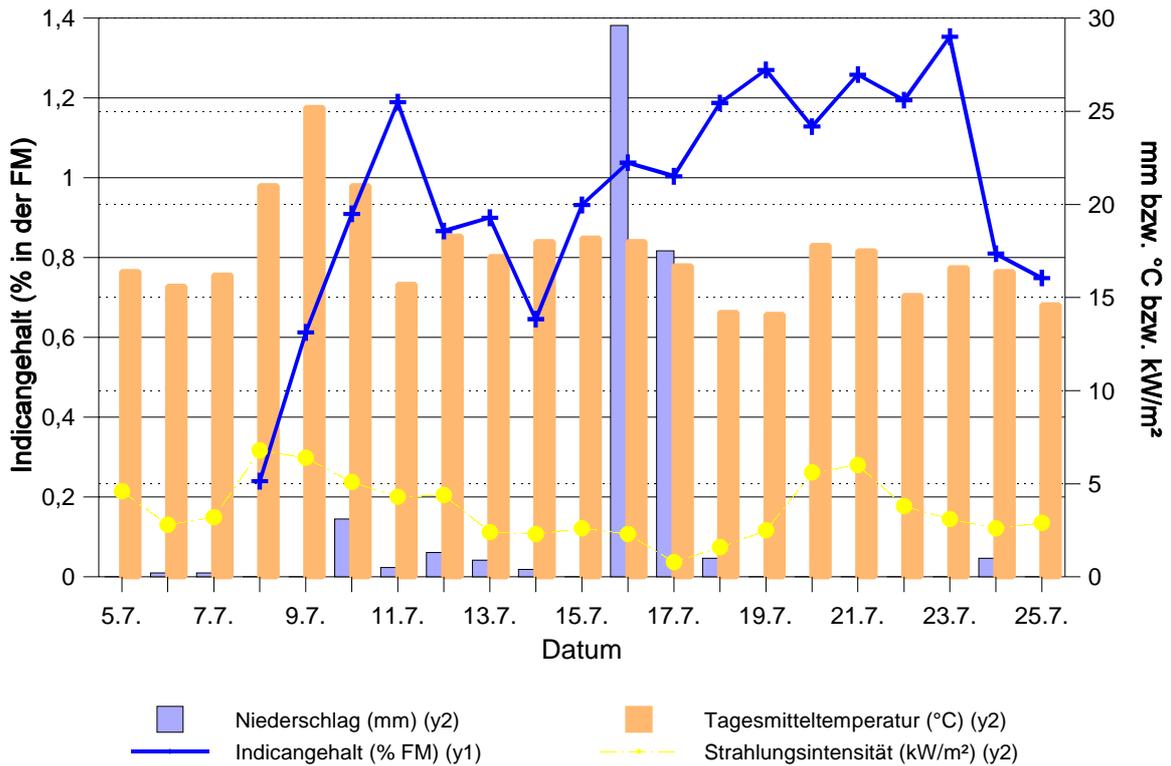


Abbildung 9: Einfluss von Niederschlag, Temperatur und Strahlungsintensität auf den Indicangehalt von Färberknöterich, Dornburg 2002

Einige der selektierten Mutanten weisen aber trotz offenbar ungünstiger Bedingungen hohe Indican-gehalte in der a-Wiederholung des 1. Schnittes auf. Die überlegenen Wirkstoffgehalte waren auch in der b-Wiederholung des 1. Schnittes und z. T. beim 2. Schnitt festzustellen, wenn auch bei letzterem nicht immer mit der gleichen Deutlichkeit wie beim 1. Schnitt.

Von den 5 im Jahr 2001 als positive Abweicher ermittelten EPN bestätigten 2 (Feld-Nr. 6 und 8) weitgehend ihren überlegenen Gehalt an der Farbstoffvorstufe. Interessant ist, dass unter den als frühreif ausgelesenen EP möglicherweise einige gleichzeitig hochfarbstoffhaltig sein könnten. Die in den beiden Schnitten 2002 erreichten Farbstoffgehalte sowie die entsprechenden Werte des Jahres 2001 sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Tabelle 21: Ergebnisse der Untersuchung von farbstoffreichen Färberknöterichmutanten des Jahres 2001 im Jahr 2002

Prüfmitglied-Nr.	Wiederholungen	Indicangehalt		
		2001 (% in der FM)	2002 (% in der TM)	
			1. Schnitt	2. Schnitt
1 (Standard)	8	nicht bestimmt	3,96	5,02
4	1,22		1,97	4,5
5	2	1,27	4,68	4,46
6	2	1,34	5,53	7,35
7	2	1,3	3,65	4,88
8	2	1,33	4,11	7,82
9	2	0,59	4,61	5,34
11	2	0,38	5,11	6,63
12	2	0,64	5,58	6,55
13	2	0,54	4,47	7,03
14	2	0,55	5,89	6,47
15	2	0,58	6,32	6,48
16	2	0,55	6,12	6,52
17	2	0,62	5,05	6,36
18		0,64	3,89	6,81
19	1	0,5	2,08	6,95
20	2	0,59	7,33	7,22
21	2	0,82	4,73	3,9
22	2	0,77	4,92	4,05
23	2	0,77	3,96	4,82
24	2	0,85	4,44	4,58
25	2	0,82	3,51	4,46
26	2	0,96	6,99	3,75
27	2	0,68	6,45	5,98
28	2	0,76	5,73	4,8
30	2	0,96	4,79	2,9
31	2	0,9	7,09	7,21
	2	0,91	5,85	3,37
33	1	0,91	6,09	4,78
34	1	0,81	4,46	7,2
35	2	0,69	1,73	6,57
36	2	0,87	1,13	8,42
37	2	0,69	3,89	5,99
41	1	-	5,6	7,09
42	1	-	1,18	7,54
43	1	-	5,63	5,35
44	1	-	4,89	6
46	1	-	1,9	5,88
47	1	-	7,43	3,38

Ob die Formen mit den hohen Farbstoffgehalten im Endeffekt auch tatsächlich höhere Farbstoff-erträge je Flächeneinheit realisieren, kann der Tabelle 22 entnommen werden.

Tabelle 22: Trockenmasseertrag, Blattertrag und Farbstoffe­rtrag von 41 Färberknöterich-EPN im Vergleich zur Ausgangsform, Dornburg 2002

Prüfglied-Nr.	TM-Ertrag (dt/ha)			Blattertrag (dt TM/ha)			Farbstoffe­rtrag (kg/ha)		
	1. Schnitt	2. Schnitt	Σ	1. Schnitt	2. Schnitt	Σ	1. Schnitt	2. Schnitt	Σ
1 (Standard)	34,8	52,4	87,2	18,2	22,1	40,3	36,9	55,3	92,2
4	31,6	51,3	82,9	15,7	22,9	38,6	15,1	44,2	59,3
5	28,1	43,1	71,3	15,4	20,4	35,8	40,4	42,1	82,5
6	24	52,2	76,3	13,1	25,2	38,3	38,3	94,9	132,7
7	27,8	49,6	77,4	13,9	19,9	33,8	26,4		72
8	31	44,2	75,2	16,7	20,2	36,9	33,9	77,1	111
9	33,5	54,9	88,4	17	22,9	39,8	40	62,7	102,7
11	24,7	47,8	72,4	13,4	22	35,4	34,4	72,8	107,2
12	27,5	48,7	76,2	15,3	26,5	41,8	43,8	85,4	129,2
13	41,6	54,1	95,6	22,8	24,8	47,6	50,5	87,6	138,1
14	31,3	51,2	82,5	17	23,3	40,3	52,4	75,6	128
15	43,6		65,7	13,4	23,2	36,6	41,2	75,2	116,4
16	32,8	53,4	86,3	15,4	23,8	39,1	47,6	77,5	125,1
17	35,5	47,7	83,2	18,1	20,3	38,4	47,1	64,3	111,4
18	27,6	54,5	82,1	16,1	23,5	39,6	31,8	80,6	112,4
19	34,8	45,8	80,6	17,7	22,6	40,3	18,4	78,4	96,4
20	27,7	49,3	77	14,6	21,3	38,4	53,1	77,2	130,4
21	29,7	46,4	76,1	16,3	38,4		43,3	43,5	86,8
22	26,3	46,8	73,1	14,3	22,7	37	36,9	47,3	84,2
23	28,6	52,7	81,3	16,3	23,1	39,4	33	51,1	84,1
24	33,1	49,3	82,4	18,5	19,6	38,1	43,4	42,5	85,9
25	35	59	94	19,4	28	47,4	38,5	61,7	100,2
26	24,2	55,7	79,9	14,1	24,8	38,9	49,3	44,4	93,7
27	35,3	45,5	80,7	19,5	20,8	40,3	63,6	59,4	122,9
	30,3	46,6	76,8	15,3	20,5	35,9	43,9	47,2	28,1
30	31,7	59,5	91,2	17,5	27,2	45,4	42,4	39	81,4
31	28	50,9	76,9	14,4	23,1	37,5	51,6	82,1	133,7
32	34,5	50,5	85	18	21,4	39,4	52,6	43,9	96,5
33	30,6	62,9	93,5	16,8	27,1	43,9	50,3	64,5	114,8
34	29,3	45,3	74,6	16,1	23,4	39,5	36	83,7	119,9
35	23,7	43,8	67,3		20,1	33,3	11,4	66,1	77,5
36	27	50,6	77,6	14,4	26,6	41	8,1	111,8	119,9
37	33,5	48	81,5	18,9	23,4	42,2	37,1	70	107,1
41	26,7	43,4	70,1	16,8	20	36,8	47	70,7	117,8
42	15,3	50,9	66,2	8,7	28,1	36,8	5,1	105,9	111
43	32,1	59,6	91,7	16,1	29,8	45,9	45,2	79,7	124,9
44	33,3	37,9	71,2	17,7	19,7	37,4	39,4		102,4
46	22,3	46,4	68,8	11,3	20,3	31,6	10,7	59,6	70,3
47	45,1	76,5	121,6	22,3	23,1	45,4	82,9	39,1	122
48	37,3	47,4	84,6	18,2	21,9	40,1	71,8	96,1	167,9
50	34,2	41,3	75,4	18,3	17,3	35,6	71,1	12,5	83,6
51	43	53,2	96,2	24,2	22,9	47,1	82,3	73,9	156,3
\bar{x}	30,9	50,4	81,3	16,6	22,7	39,2	40,7	63,4	104,1
GD _{t,5%}	6,3		11,9	3,5	3,6	4,9	21	29,8	27,9

Es zeigt sich, dass manche Mutanten bis zu 50 % höhere Farbstoffträge gegenüber dem Standard erreichen. Die Überlegenheit bleibt auch erhalten, wenn man statt des niedrigen Wertes von 5,02 % Indican in der TM den höchsten Wert von 6,61 % beim 2. Schnitt für den Standard ansetzt und damit einen Gesamtfarbstofftrag von 109,7 kg/ha bei Einbeziehung der Farbstoffgehalte sämtlicher Standards erhält.

2.2.4.5 Zusammenfassende Betrachtungen zur Züchtung von Färberknöterich

Es kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Aussage getroffen werden, ob durch die mutagene Behandlung von Färberknöterichsaatgut tatsächlich eine Erhöhung der Farbstoffgehalte zu erreichen ist. Dafür reicht die Prüfdauer noch nicht aus. Positive Effekte, die in einem Jahr auftraten, konnten in den nächsten Jahren nicht in allen Fällen festgestellt werden, wie sich bei einem ersten und zweiten Bestätigungsanbau bereits gezeigt hat. Insgesamt scheint die Annahme, verbesserte Formen induziert und selektiert zu haben, nicht ganz abwegig zu sein. Das gilt es in den nächsten Jahren durch eine intensive Prüfung der ca. 15 besten Typen zu verifizieren. Indigo naturalis ist ein auch auf dem deutschen Markt nachgefragtes Produkt. Die Konkurrenzfähigkeit von in Deutschland erzeugter Ware ist in ökonomischer und qualitativer Hinsicht nur gewährleistet, wenn bei der Indigogewinnung von Pflanzen mit hohen Farbstoffgehalten ausgegangen werden kann. Wichtig ist dabei, dass sich die positive Merkmalsausprägung auch unter ungünstigen Umweltbedingungen dokumentiert. Möglicherweise sind in dem vorhandenen Material entsprechende Typen vorhanden.

2.3 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Züchtung von Färberpflanzen als Auslese wertvoll erscheinender Formen ist, wie man alten Veröffentlichungen entnehmen kann, bereits in früheren Zeiten durchgeführt worden. So gelangten bei solch wichtige Arten wie Waid oder Färberwau gegenüber Wildpopulationen morphologisch veränderte Formen zum Anbau, bei denen es sich aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung offensichtlich um farbstoffreichere Idiotypen handelte. Mit dem Erliegen des Färberpflanzenanbaus gingen diese positiven Typen verloren und müssen erst wieder neu selektiert werden. Um eine Sortenanmeldung zu erreichen, ist es notwendig, homozygote Stämme zu entwickeln bzw. bei Populationen auf morphologisch einheitliches Material auszulesen.

Weil die Färberpflanzen nicht mehr direkt, sondern nur als Pulver, Paste oder hochkonzentrierter Extrakt in modernen Färbereien eingesetzt werden können, müssen sie wegen der Minimierung der hohen Extraktionskosten möglichst hohe Farbstoffgehalte aufweisen. Ähnlich wie bei der Arzneipflanzenzüchtung kommt damit der Qualitätszüchtung bei der Färberpflanzenzüchtung sehr viel größere Bedeutung zu. Die große Spannweite der Inhaltsstoffgehalte zwischen den einzelnen Herkünften, die in beträchtlicher Zahl bei Beginn der Arbeiten aus Genbanken, botanischen Gärten und durch Wildsammlungen beschafft wurden, wie auch die große Variabilität zwischen den Einzelpflanzen der Herkünfte, weisen auf deren hohe genetische Heterogenität hin. Es schien deshalb zunächst relativ leicht, unter Berücksichtigung des Biomasseertrages schnell zu hochwirksstoffhaltigen Sorten mit ansprechenden Mengenerträgen zu gelangen. Um effektiv vorgehen zu können, sind nur noch Kenntnisse über die vorherrschende Befruchtungsart erforderlich. Sie wurden bereits im ersten, von der TLL bearbeiteten Züchtungsprojekt gewonnen.

Von den hier bearbeiteten Pflanzenarten können Färberknöterich, Färberhundskamille und Kanadische Goldrute züchterisch ohne Einschränkungen als Selbstbefruchter behandelt werden, selbst

wenn bei der Goldrute in der Natur fast ausschließlich Fremdbefruchtung zu beobachten ist. Färberwau dagegen ist ein Fremdbefruchter mit starker Inzuchtdepression schon in der ersten Selbstungsgeneration.

Die Zuchtmethode für Färberknöterich und Färberhundskamille sollte deshalb in der fortgesetzten Individualauslese der besten Formen aus den besten Gruppensorten sein. Dazu müssen diese allerdings erst einmal identifiziert werden, was wegen der starken Umweltabhängigkeit des Farbstoffgehaltes recht zeitaufwändig ist. Außerdem dürfte das Bemühen um qualitativ verbesserte Formen bei beiden Pflanzenarten nicht sehr erfolgversprechend sein, da innerhalb der Herkünfte kaum Variabilität hinsichtlich Farbstoffgehalt und Farbstoffertrag festzustellen ist. Um dennoch zu verbesserten Formen zu kommen, ist bei Färberknöterich versucht worden, durch Mutationsauslösung eine Variabilitätsenerweiterung zu erreichen. Für Goldrute kam als Ausgangsmaterial für eine Individualauslese nur die Ziervarietät 'Goldkind' in Betracht. Die Ziersorte besitzt gerade in Bezug auf den Farbstoffgehalt eine genügend große Variabilität, um wahrscheinlich eine erfolgreiche Auslese zu gestatten. Ob der höhere Farbstoffgehalt durch höhere Biosyntheseleistung in Hinblick auf die entsprechenden Verbindungen oder morphologisch - höherer Blüten- und geringerer Stängelanteil - bedingt ist, kann nicht entschieden werden. Homozygote Typen können bei der Goldrute nur erzeugt werden, indem die Samengewinnung für den weiteren Nachbau unter Isolation erfolgt.

Vergleichbare Ergebnisse bei Färberwau als striktem Fremdbefruchter sind nur zu erzielen, wenn vor der Blüte eine konsequente Entfernung aller unerwünschten Typen erfolgt. Der Aufbau neuer, verbesserter Populationssorten aus Synthetics ist zu langwierig als dass sie während der Projektdauer bis zum Ende geführt werden könnte.

Leider hat sich relativ schnell gezeigt, dass es selbst bei den Selbstbefruchtern nicht so leicht ist, schnell in qualitativer Hinsicht zu verbesserten und stabilen Stämmen zu gelangen. Beim mehrjährigen Anbau von ca. 20 Färberhundskamilleherkünften und 19 'Goldkind'-Klonen stellte sich heraus, dass die Höhe des Wirkstoffgehaltes und die Rangfolge der einzelnen Prüfglieder von Jahr zu Jahr teilweise extrem schwanken. Herkünfte, die in einem Jahr Spitzenwerte aufwiesen, sanken im nächsten Jahr auf hintere Plätze ab und umgekehrt. Bei Färberhundskamille musste dies im Versuchsjahr 2001 festgestellt werden: die Herkunft A 26, die sich in den vorangegangenen Versuchsjahren hinsichtlich der Ausprägung ihres Farbstoffgehaltes als relativ stabil erwiesen hatte, versagte in dem Jahr vollkommen. Dennoch sind unter den restlichen Herkünften noch 3, die sich in ertraglicher und/oder qualitätsmäßiger Hinsicht über die Jahre dem Rest überlegen erwiesen haben und deren Anmeldung zur Prüfung auf Sortenschutz für die nächsten Jahre vorgesehen ist. Eine weitere Verbesserung des vorhandenen Materials sollte einmal durch gezielte Kreuzung der farbstoffreichen Herkunft A 26 mit den hocheertragreichen Herkünften A 3 und A 4 oder auch durch Induktion und Selektion verbesserter Typen in den 3 Herkünften zu erreichen sein.

Bei Färberwau ist eine Herkunft ebenfalls ein Sortenkandidat. Wegen der Bedeutung des Färberwau als Farbstoffpflanze sollte die Linienentwicklung und die Prüfung ihrer Kombinationseignung über das Projektende hinaus fortgesetzt werden.

Am wenigsten weit ist die Sortenentwicklung bei der Goldrute gediehen. Dieser Färberpflanze dürfte aber auch nicht die Bedeutung zukommen, die ihr ursprünglich zugeschrieben wurde.

Ein deutlicher Fortschritt zeichnet sich bei Färberknöterich ab. Wenn auch nur eine der aussichtsreichen Typen ihre positive Merkmalsausprägung bestätigen sollte, bedeutete dies eine Ertragssteige-

rung von bis zu 50 % hinsichtlich des Farbstofftrages je Flächeneinheit. Obwohl pflanzliches Indigo ein bereits auf dem Markt eingeführtes Produkt ist und auch die aus Färberknöterich gewonnene Farbe die Qualitätsanforderungen der Verbraucher durchaus zu befriedigen vermag, ist dennoch aus ökonomischen Gründen für die Indigogewinnung ein hochqualitatives Ausgangsmaterial erforderlich.

Bisher kam es bei keiner der bearbeiteten Färberpflanzenarten zu einer Prüfung auf Sortenschutz. Dieses Ziel soll in der nächsten Zeit mit dem vorhandenen Ausgangsmaterial in Angriff genommen werden. Das vorhandene Material wird zum größten Teil konserviert. In geringem Umfang erfolgt eine Fortsetzung der Züchtungsarbeit in anderen Projekten.

3 Berichtsteil Extraktion und Lederfärbung

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Vorbereitung des Hautmaterials

Zur Färbung wurde Rindsleder aus gesalzener Rohware verwendet, dessen Herstellung nach üblicher Technologie erfolgte. Die gesalzene Haut wurde eingeweicht, um Salz und Schmutz zu entfernen und dem Hautfasergefüge seinen Wassergehalt zurückzugeben. Anschließend folgte der Äscher mittels Schwefelnatrium und Kalk zur Entfernung der Haare. Nach diesem Vorgang ist die Haut entfleischt und gespalten worden, um diese vom noch anhaftenden Unterhautbindegewebe zu befreien und eine einheitliche Dicke zu erhalten.

Um dem im Äscher verwendeten Kalk zu entfernen und in Vorbereitung der Gerbung, wurde die Haut entkälkt, hiernach zur Aufspaltung des Hautfasergefüges gebeizt und zur Sauerstellung der Haut für die Gerbung gepickelt. Danach erfolgte die eigentliche Gerbung mittels Chrom nach "Moderner Gerbung" bzw. mit Hilfe synthetisch-pflanzlicher Gerbstoffe eine chromfreie Gerbung.

Das so entstandene Leder ist danach zur Färbung nach betriebsüblicher Technologie vorbereitet worden, d. h., es wurde synthetisch nachgegerbt, mehrmals gefettet und abgesäuert. Das entstandene Leder wurde abgewelkt und zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt.

3.1.2 Anlagenbeschreibung und Wirkungsweise der Feststoffextraktion

Die Beschreibung der Extraktionsanlage und deren Wirkungsweise wird anhand des in Abbildung 10 dargestellten Schemas vorgenommen.

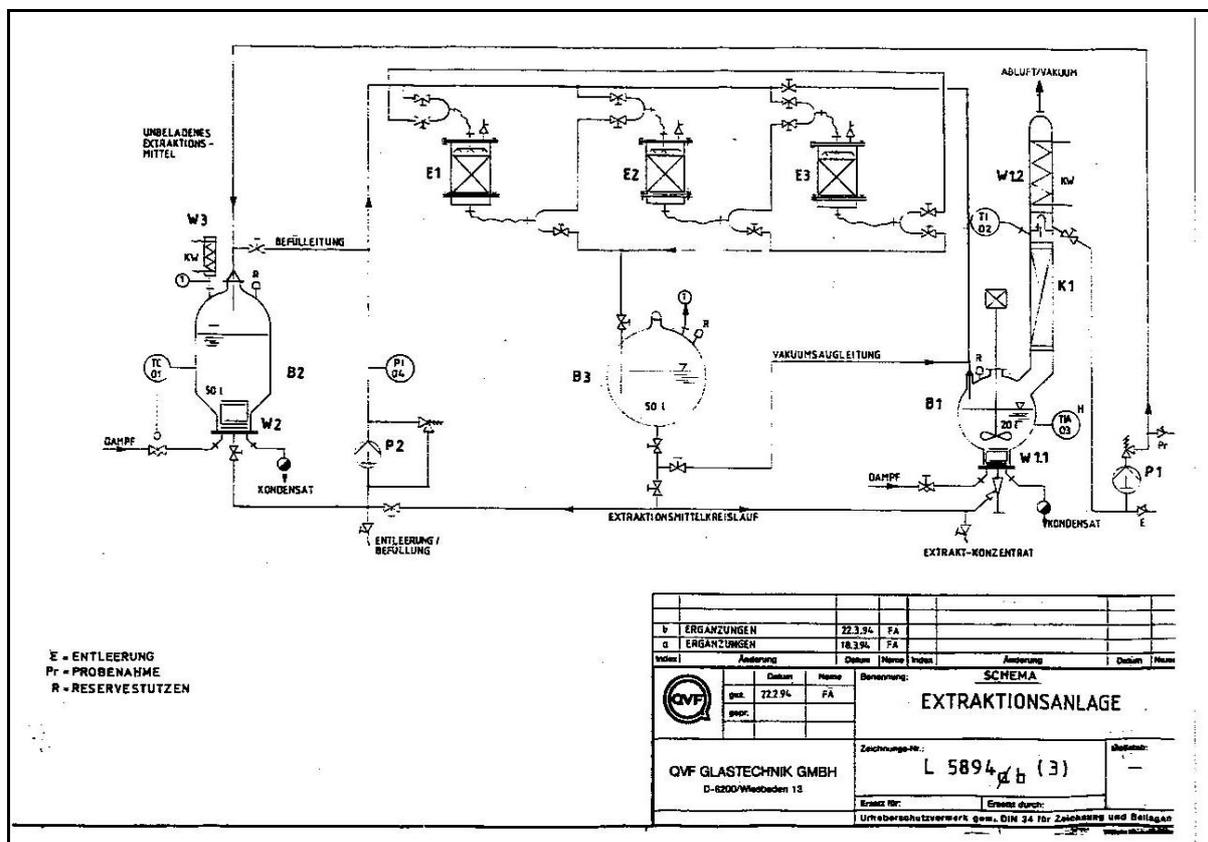


Abbildung 10: Schema der Feststoffextraktionsanlage

Hauptapparate der Anlage sind drei Extraktoren (E1, E2 und E3) mit einem Füllvolumen von je 15 Litern. Diese Extraktoren sind einzeln, parallel oder in zirkulierender Reihenschaltung betreibbar, was eine Extraktion auch im Gegenstromprinzip ermöglicht. Der zylindrische Teil der Extraktoren ist zur Produktbetrachtung und -überwachung transparent. Die Deckel besitzen eine Einleitbrause und ein Entlüftungsventil.

Das frische Extraktionsmittel wird über den Vorlagebehälter (B2) durch die Pumpe (P2) vorgelegt. Über den dampfbeheizten Einsatzheizer (W2) und eine Direktregelung erfolgt die gewünschte Temperatureinstellung des Extraktionsmittels. Dieses kann mit der Pumpe (P2) im Vorlagebehälter bewegt werden, um eine fortwährende Vermischung des Extraktionsmittels zu gewährleisten.

Zur Extraktion fördert die Pumpe (P2) in gewünschter Dosierung das Extraktionsmittel in die Extraktoren, je nach festgelegter Extraktionsart nacheinander oder parallel. Ablaufendes, beladenes Extraktionsmittel fließt über in den Sammelbehälter (B3). Dieser Behälter besitzt einen Sicherheitskühler, über den auch das Vorlagegefäß (B2) gegen Überhitzung gesichert ist. Über den Kreislauf B3-P2-E1, 2, 3 kann teilbeladenes Extraktionsmittel fließen. Zum Zweck der Extraktkonzentrierung und -regenerierung ist es auch möglich, beladenes Extraktionsmittel aus dem Sammelbehälter teilweise oder vollständig über ein Vakuum in die Sumpfglocke (B1) zu saugen.

Die Sumpfblase ist ein optimiertes Heiz-/Rührsystem, welches eine gute Wärmeübertragung ermöglicht und ein Absetzen oder Schichten des Extraktes verhindert. Die Verdampfungsrate wird über ein Handeinstellventil in der Dampfleitung zum Heizer eingestellt.

Die Verdampfungsstufe kann über B1, W1.1, K1, W1.2 bei Normaldruck und Vakuum betrieben werden. Beim Vakuumbetrieb geht das Lösungsmittel bei niedrigeren Temperaturen (Temperaturerniedrigung hängt vom angelegten Vakuum ab) als bei Normaldruck über, so dass eine extrakt-schonendere Verdampfung möglich ist.

Beim Verdampfungsbetrieb dient K1 als Tröpfchenabscheider. Wird rektifiziert, kann über den Rücklaufteiler ein Rücklauf eingestellt werden. Hiermit wird eine Rückgewinnung vor allem des Alkohols ermöglicht. Der Kondensator (W1.2) ist liegend angeordnet mit Kondensatablauf zum Rücklaufteiler.

Peripherieeinheiten zu dieser Anlage sind:

- a) Dampfkessel
 - gewährleistet einen unabhängigen Betrieb der Anlage in Hinblick auf das Beheizen des Vorlagegefäßes und der Sumpfglocke
- b) Kühlwasserrückgewinnungsanlage
 - benutztes, aufgeheiztes Kühlwasser wird im Kreislauf gefahren, im Kühler abgekühlt und wieder verwendet, womit eine erhebliche Einsparung an Kühlwasser gewährleistet ist
- c) Vakuumpumpe
 - als Saugpumpe und zum Ermöglichen des Prozessfahrens im niedrigeren Temperaturbereich

3.2 Extraktions- und Färbeversuche

Zur Prüfung verschiedener Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemische erfolgten Versuche zur Extraktion von Färberhundskamille, Reseda, Krapp und Goldrute. Für jede Extraktion kamen 200 %

Pflanzenmaterial, berechnet auf die Ledertrockenmasse, zur Anwendung. Das Pflanzenmaterial wurde am Vortag der Extraktion eingeweicht und dann bei 75 °C eine Stunde extrahiert und danach abfiltriert.

Die Extraktionsversuche der einzelnen Pflanzen hinsichtlich des Lösungsmittels unterteilen sich wie folgt:

Extraktionsmittel 1:	100 % Wasser	
Extraktionsmittelgemisch 2:	85 % Wasser	15 % Isopropanol
Extraktionsmittelgemisch 3:	70 % Wasser	30 % Isopropanol
Extraktionsmittelgemisch 4:	50 % Wasser	50 % Isopropanol
Extraktionsmittelgemisch 5:	85 % Wasser	15 % Äthanol
Extraktionsmittelgemisch 6:	70 % Wasser	30 % Äthanol
Extraktionsmittelgemisch 7:	50 % Wasser	50 % Äthanol

Von einer Extraktion mit reinem Alkohol bzw. einem Wasser-Alkoholgemisch mit einem Alkoholanteil über 50 % wurde bei den ersten Versuchen aus Sicherheitsgründen abgesehen.

Aus diesen 28 Extraktionsversuchen ergaben sich 336 Färbeversuche, die, wie in Tabelle 23 dargestellt, durchgeführt wurden (Anlagen 1 bis 28 Technologien):

Tabelle 23: Varianten der Färbeversuche im Labormaßstab

Variante	Färbetemperatur	Laufzeit Färbung	Beize	Absäuern	Laufzeit Ab-säuern	Trocknung
3	30 °C	1 h	ohne	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
6	40 °C	1 h	ohne	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
9	30 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	ohne	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
12	40 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	ohne	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
1	30 °C	1 h	Kalialaun	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
4	40 °C	1 h	Kalialaun	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
7	30 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	Kalialaun	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
8	40 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	Kalialaun	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
2	30 °C	1 h	Eisensulfat	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
5	40 °C	1 h	Eisensulfat	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
8	30 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	Eisensulfat	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)
11	40 °C	1 h, kalt weiter über Nacht	Eisensulfat	5 % Ameisensäure	10 Min.	Trockenschrank (45 Min., 30 °C)

Die, je 7 mit o. g. Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemisch, hergestellten Extrakte aus Rainfarn, Färberscharte, Saflor und Goldrute (Sorte 'Goldkind') wurden nur nach einer Färbetechnologie, unter Verwendung von Kalialaun und Eisen-II-Sulfat als Beizmittel, ausgefärbt.

In Fortsetzung und als Ergänzung dieser Versuche sind im Projektzeitraum Untersuchungen zu den Einflüssen auf das Färbeverhalten und der daraus resultierenden Gebrauchsechtheiten der Leder durchgeführt worden.

Daneben wurden noch die nachfolgend aufgeführten Färberpflanzenextrakte und Färbevarianten getestet:

Unterschiedliche Vorbehandlung der Krappwurzeln und deren Auswirkung auf den Farbstoffextrakt

Bei diesen Versuchen sollte herausgearbeitet werden, bei welcher Vorbehandlung die Farbstoffausbeute und deren Zusammensetzung am günstigsten ist und welche sich hiervon am besten zur Färbung von chromfrei gegerbtem Leder eignet.

An den gewonnenen Extrakten erfolgte eine Bestimmung des Farbstoffgehaltes und dessen Zusammensetzung. Ein Teil der gewonnenen Extrakte wurde zur Durchführung analoger Färbeexperimente, wie sie in der TLL erfolgten, an den Projektpartner LIVOS gesandt, um ihr Färbevermögen zu testen und fundierte Aussagen über die Brauchbarkeit der einzelnen Extrakte zu erhalten.

Ausfärbung der Extrakte auf chromfrei gegerbtem Leder unter Verwendung verschiedener Beizmittel

Zielstellung war es hier, die geeignetsten Beizmittel für Krapp auf Leder herauszufinden und gleichzeitig ungeeignete Beizmittel auszuschließen.

Testung unterschiedlicher chromfreier Gerbstoffe

Hierbei sollte geklärt werden, inwieweit sich die Anwendung von unterschiedlichen Gerbstoffen auf das Färbeverhalten der Extrakte auswirkt und ob mit der Änderung des angewendeten Gerbstoffes die Farbstoffextrakte neu zu konditionieren sind.

Testung von Holunderextrakt

Beim Einsatz von Holunderextrakten ist versucht worden, weitere Rot- und Blautöne bei der Lederfärbung zu erzielen.

Die Extrakterstellung erfolgte durch Auspressen des Saftes aus reifen Holunderbeeren. Dieser Saft wurde mit Wasser im Verhältnis 1:1 verdünnt, so dass ein 50 %iger Farbsud entstand, mit dem nach dem üblichen Verfahren unter Anwendung unterschiedlicher Beizvarianten gefärbt wurde.

Untersuchungen verschiedener Beizvarianten (Vor- und Nachbeize) hinsichtlich ihrer Eignung bei der Lederfärbung

Hiermit sollte die günstigste Beizvariante für eine breite Palette an Farbnuancen sowie den Erhalt von Färbungen mit hohen Gebrauchsechtheiten herausgefunden werden.

Prüfung des Einflusses von Lichtechtheitsverstärkern auf die Lichtechtheit von pflanzengefärbtem Leder

In der Textilindustrie haben sich eine Reihe von Lichtechtheitsverstärkern bewährt. Inwiefern diese auch zur Verbesserung der Lichtechtheiten von pflanzengefärbtem Leder geeignet sind, war zu prüfen.

Kleintechnische Versuche

Zielstellung dieser Versuche war es, die Ergebnisse der Laborversuche in den kleintechnischen Maßstab zu übertragen. Die hergestellten Ledermuster wurden insbesondere hinsichtlich ihrer Gebrauchsechtheiten untersucht.

Versuche zur Abfallbeseitigung (Kompostierung)

Bisher ist bei der Lederfärbung mit Pflanzenfarbstoffen das Problem der Abfallbeseitigung noch nicht geklärt. Mit den durchgeführten Versuchen sollte der Nachweis erbracht werden, dass die bei der Lederfärbung mit Pflanzenfarbstoffen anfallenden Abfälle problemlos zu entsorgen sind.

Weitere Extraktionsversuche

Im Projektzeitraum erfolgten weitere Versuche zur Extraktion von Krapp, Färberwau, Goldrute (Sorte ‚Goldkind‘) und Färberhundskamille. Die Einsatzmenge des verwendeten Pflanzenmaterials, berechnet auf die Ledertrockenmasse, wurde auf 150 % optimiert. Neben den o. g. Färberpflanzen wurden Saflor, Rainfarn und Artischocke hinsichtlich ihrer Eignung für die Lederfärbung geprüft.

Aus den durchgeführten Extraktionsversuchen ergaben sich 516 Färbeversuche im labortechnischen Maßstab und 13 kleintechnische Versuche unter Verwendung von einer halben bis zwei Rindshäuten (ca. 5 m²/Haut). Die gefärbten Leder aus den letztgenannten Versuchen wurden der Prüfung von Lichtechtheit, Reibechtheit trocken und nass sowie der Schweißechtheit unterzogen.

Die Krappversuche erfolgten mit grob zerkleinertem (gehäckselt) und feinem (gemahlenem) Pflanzenmaterial. Der so klassifizierte Krapp wurde vor der Extraktion:

- 30 min in reinem Leitungswasser eingequollen bzw.
- 24 h fermentiert (24 h Einguellen in Leitungswasser) oder
- 72 h vergoren (Einguellen in Leitungswasser, Stärkeabbau durch Zusatz von Grünmalz, wilde Gärung bei 40 °C).

Nach der Vorbehandlung wurde das nicht aufgenommene Wasser abdekantiert, verworfen und anschließend der Krapp mit Wasser bzw. wässrig/alkoholischen Lösungsmittelgemischen 1 h bei 75 °C extrahiert. Des Weiteren erfolgte auch eine Extraktion mit 1 %iger wässriger Ammoniaklösung.

Die gewonnenen Extrakte wurden zum Färben von chromfrei gegerbtem Leder eingesetzt. Die beim Färben des Leders durchgeführten Arbeitsgänge, ihre technischen Bedingungen und ihre Zeitdauer sind in Tabelle 24 aufgeführt.

Tabelle 24: Durchgeführte Arbeitsgänge, Bedingungen und Zeitdauer der einzelnen Maßnahmen bei der Lederfärbung

Arbeitsgang	Flotte (%)	Temperatur (°C)	pH-Wert	Zeitdauer (min)
Broschieren	250	40	4	60
Spülen				10
Färbung	250	40	4	60
Spülen				10
Beize	250	40	4	60
Trocknung	die Leder aus labortechnischen Versuchen wurden im Trockenschrank 60 min bei 40 °C getrocknet, die aus kleintechnischen Versuchen über Nacht kalt gespannt.			

Die Einstellung des pH-Wertes erfolgte mittels Ameisensäure. Als Beizmittel kamen Kalialaun und Eisen-II-Sulfat zum Einsatz.

Für die Extraktion der weiteren Färberpflanzen wurden dieselben Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemische verwendet wie bei den ersten Erueierungsversuchen.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Farbstoffgehalte der Färberpflanzen und deren Extrakte

Die Extraktionsversuche verfolgten das Ziel herauszufinden, welches Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemisch die quantitativ höchsten Farbstoffmengen aus dem Pflanzenmaterial herauslöst und welcher Extrakt zum Färben von Leder am geeignetsten erscheint. Die Farbstoffausbeute bei den einzelnen Färberpflanzen in Abhängigkeit vom eingesetzten Extraktionsmittel bzw. -gemisch beinhaltet Tabelle 25.

Tabelle 25: Farbstoffgehalt von Flüssigextrakten aus unterschiedlichen Färberpflanzen in Abhängigkeit vom Extraktionsmittel

Probe	Lösungsmittel	Anteil (%)	Farbstoffgehalt	
Färberhundskamille			Gesamt gegen Rutin (µg/ml)	Apigenin (µg/ml)
1	Wasser	100	396,0	0,56
2	Wasser/Isopropanol	85/15	496,0	1,64
3	Wasser/Isopropanol	70/30	520,0	8,24
4	Wasser/Isopropanol	50/50	1040,8	12,15
5	Wasser/Äthanol	85/15	641,4	5,15
6	Wasser/Äthanol	70/30	676,4	6,20
7	Wasser/Äthanol	50/50	371,6	3,15
Färberwau			UV-VIS Gesamt ¹⁾ (µg/ml)	HPLC Luteolin-3,7-diglucosid (µg/ml)
8	Wasser	100	356,4	37,41
9	Wasser/Isopropanol	85/15	428,8	13,65
10	Wasser/Isopropanol	70/30	1090,0	192,20
11	Wasser/Isopropanol	50/50	1130,0	503,50
12	Wasser/Äthanol	85/15	356,4	37,41
13	Wasser/Äthanol	70/30	912,4	230,54
14	Wasser/Äthanol	50/50	2870,0	1390,00
Rainfarn			UV-VIS Gesamt ¹⁾ (µg/ml)	HPLC Luteolin-3,7-diglucosid (µg/ml)
15	Wasser	100	85,40	5,52
16	Wasser/Isopropanol	85/15	153,48	7,51
17	Wasser/Isopropanol	70/30	187,36	33,76
18	Wasser/Isopropanol	50/50	218,72	40,59
19	Wasser/Ethanol	85/15	184,32	14,22
20	Wasser/Ethanol	70/30	204,00	22,15
21	Wasser/Ethanol	50/50	229,36	35,56
Färberscharte			UV-VIS Gesamt (µg/ml)	HPLC Luteolin-3,7-diglucosid (µg/ml)
22	Wasser	100	71,22	4,16
23	Wasser/Isopropanol	85/15	712,80	5,95
24	Wasser/Isopropanol	70/30	2251,20	49,63
25	Wasser/Isopropanol	50/50	67,9	60,02
26	Wasser/Ethanol	85/15	764,00	0,00
27	Wasser/Ethanol	70/30	1994,40	45,43
28	Wasser/Ethanol	50/50	2843,00	49,08

Probe	Lösungsmittel	Anteil (%)	Farbstoffgehalt	
Krapp			Ruberythrinsäure (µg/ml)	Alizarin (µg/ml)
29	Wasser	100	< 1 ppm	< 1 ppm
30	Wasser/Isopropanol	85/15	< 1 ppm	< 1 ppm
31	Wasser/Isopropanol	70/30	0,10	< 1 ppm
32	Wasser/Isopropanol	50/50	154,65 mg/g TS	< 1 ppm
33	Wasser/Äthanol	85/15	0,56	< 1 ppm
34	Wasser/Äthanol	70/30	0,22	< 1 ppm
35	Wasser/Äthanol	50/50	1,02	0,07
Kanadische Goldrute			UV-VIS Gesamt ¹⁾ (µg/ml)	
36	Wasser	100	709,4	
37	Wasser/Isopropanol	85/15	1141,4	
38	Wasser/Isopropanol	70/30	915,4	
39	Wasser/Isopropanol	50/50	1025,2	
40	Wasser/Äthanol	85/15	885,2	
41	Wasser/Äthanol	70/30	918,4	
42	Wasser/Äthanol	50/50	958,6	
Goldrute ('Goldkind')			UV-VIS Gesamt ¹⁾ (µg/ml)	
43	Wasser	100	133,84	
44	Wasser/Isopropanol	85/15	2496,00	
45	Wasser/Isopropanol	70/30	2632,00	
46	Wasser/Isopropanol	50/50	2900,00	
47	Wasser/Ethanol	85/15	1595,20	
48	Wasser/Ethanol	70/30	2583,20	
49	Wasser/Ethanol	50/50	2632,00	

1) Summe der Peakflächen in der HPLC

Aus den Werten ist deutlich zu erkennen, dass nicht jeder Farbstoff bzw. jedes Farbstoffgemisch mit dem selben Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemisch gleich gut extrahierbar ist.

Während sich bei der Färberhundskamille ein Extraktionsmittelgemisch aus 50 % Wasser und 50 % Isopropanol als positiv herausgestellt hat, ist bei der Extraktion von Reseda, Rainfarn und Färberscharte ein Gemisch aus 50 % Wasser und 50 % Ethanol effektiver. Die Extraktionsversuche mit Goldrute zeigten, dass ein Einsatz von Alkoholen nur einen mäßig positiven Einfluss auf die Farbstoffausbeute hat. Bei Goldrute sollte deshalb auch unter wirtschaftlichen Aspekten der Einsatz von alkoholischen Lösungsmitteln unterbleiben.

Sehr schlecht scheinen nach der Bestimmung von Ruberythrinsäure und Alizarin die extrahierten Farbstoffmengen im Krapp zu sein. Da teilweise jedoch ein gutes Färbeverhalten der Krappextrakte zu verzeichnen war, ist anzunehmen, dass möglicherweise andere Farbstoffe des Krapps, wie Purpurin oder Pseudopurpurin, in verstärktem Maße extrahiert wurden.

3.3.2 Auswertung der Färbeversuche

Bei der Auswertung der Färbeversuche auf Basis der verschiedenen Extraktionsvarianten wurden folgende Kriterien zur Beurteilung herangezogen:

a) Anfärbung:

Hierbei erfolgte eine visuelle Beurteilung der Annahme des Farbstoffes durch das Leder mit dem jeweiligen Extrakt in Abhängigkeit von der Färbetechnologie. Es wurde in gut (1), weniger gut (2) und schlecht (3) unterschieden.

Durchfärbung:

Bei der Durchfärbung wurde der Grad der Einfärbtiefe gemessen. Dieser Grad unterteilt sich in Zehntel des Hautquerschnittes von 1/10 bis 10/10.

b) Farbgleichmäßigkeit der Lederoberfläche:

Hierbei wurde das Oberflächenbild der aufgezogenen Farbe auf das Leder visuell beurteilt. Es erfolgte eine Unterscheidung in gleichmäßig (1), verlaufen (2) und schlecht (3).

c) Farbtiefe:

Diese Beurteilung beschreibt den visuellen Eindruck der Farbintensität und wurde wiederum in gut (1), weniger gut (2) und schlecht (3) unterschieden.

In den nachfolgenden Tabellen sind die mit den einzelnen Extrakten aus den verschiedenen Färberpflanzen erzielten Bonituren aufgeführt.

Färberhundskamille

Aus Tabelle 26 ist ersichtlich, dass der bei wässriger Extraktion gewonnene Extrakt aus Färberhundskamille nicht zur Färbung von Leder geeignet ist.

Tabelle 26: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 100 % Wasser (Anlage 1)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	3	3
6	3	2/10	2	3
9	3	1/10	3	3
12	3	1/10	2	3
1	2	3/10	2	2
4	2	3/10	3	2
7	2	2/10	3	2
10	2	2/10	2	2
2	2	4/10	2	2
5	3	2/10	3	3
8	3	2/10	3	3
11	3	5/10	3	3

Der Einsatz von 15 % Isopropanol zu 85 % Wasser bei der Extraktion brachte kaum eine Veränderung der Boniturnoten. Auch diese Extrakte sind nicht zur Lederfärbung geeignet (Tab. 27).

Tabelle 27: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Isopropanol (Anlage 2)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	1/10	2	3
6	3	2/10	2	3
9	3	1/10	2	3
12	3	1/10	2	3
1	2	2/10	2	2
4	3	2/10	2	3
7	2	1/10	3	2
10	2	1/10	3	3
2	3	2/10	3	3
5	3	2/10	3	3
8	3	2/10	3	3
11	3	5/10	3	3

Durch eine Erhöhung des Isopropanolanteils auf 30 % im Lösungsmittelgemisch lies sich ebenfalls keine Verbesserung der Werte erzielen, so dass auch dieser Extrakt zur Lederfärbung nicht zu empfehlen ist (Tab. 28).

Tabelle 28: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Isopropanol (Anlage 3)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	3/10	2	3
6	3	3/10	2	3
9	2	2/10	3	3
12	3	2/10	3	3
1	3	3/10	2	2
4	2	3/10	2	2
7	2	2/10	2	2
10	2	2/10	3	2
2	2	4/10	2	2
5	3	2/10	3	3
8	3	2/10	2	3
11	3	5/10	2	3

Bei Veränderung des Lösungsmittelgemischs auf je 50 % Wasser und Isopropanol trat eine deutliche Verbesserung der Boniturwerte auf (Tab. 29). Da die Durchfärbung bei den Mustern ohne Beize besser war als mit Alaun bzw. Eisensulfat, muss eine ungenügende Walkwirkung angenommen werden. Der Versuch mit Alaunbeize wurde im kleintechnischen Maßstab mit einer halben Haut wiederholt.

Tabelle 29: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Isopropanol (Anlage 4)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	5/10	2	3
6	3	5/10	2	3
9	3	4/10	3	2
12	3	5/10	2	3
1	2	3/10	2	2
4	2	3/10	3	2
7	2	3/10	2	2
10	2	3/10	3	2
2	2	3/10	2	2
5	3	4/10	3	3
8	2	4/10	2	2
11	2	4/10	2	2

Die Bonituren der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt, extrahiert mit 85 % Wasser und 15 % Äthanol entsprechen denen der Tabelle 29. Auch hier ist keine Eignung für die Lederfärbung gegeben (Tab. 30).

Tabelle 30: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Äthanol (Anlage 5)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	2	3
6	3	2/10	2	3
9	3	2/10	2	3
12	3	2/10	2	3
1	2	3/10	2	2
4	3	2/10	3	3
7	2	2/10	2	2
10	2	2/10	3	2
2	3	1/10	3	3
5	3	1/10	3	3
8	3	1/10	3	3
11	3	1/10	3	3

Die Erhöhung des Äthanolanteils auf 30 % bedingte keine wesentliche Verbesserung der Boniturnoten gegenüber dem Extrakt, der mit 15 % Äthanol gewonnen wurde. Der Extrakt ist für Färbungen nicht geeignet (Tab. 31).

Tabelle 31: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Äthanol (Anlage 6)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	2	3
6	3	2/10	2	3
9	3	3/10	2	2
12	3	2/10	3	3
1	2	2/10	2	2
4	3	2/10	2	3
7	2	2/10	3	2
10	2	2/10	3	2
2	2	2/10	2	3
5	3	2/10	2	3
8	3	2/10	2	3
11	3	2/10	2	3

Bei einem Anteil von 50 % Äthanol im Extraktionsmittelgemisch wies die Variante 7 vorzügliche Boniturwerte auf (Tab. 32). Hierbei wurde mit 30 °C gefärbt, das Leder über Nacht in der Flotte gelassen und mit Kalialaun gebeizt.

Tabelle 32: Beurteilung der Färbung mit Färberhundskamilleextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Äthanol (Anlage 7)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	2	3
6	3	2/10	2	3
9	2	2/10	3	2
12	3	1/10	3	3
1	2	2/10	2	2
4	3	2/10	3	3
7	1	3/10	2	1
10	2	1/10	3	3
2	3	2/10	3	3
5	3	1/10	3	3
8	3	3/10	3	3
11	3	1/10	3	3

Färberwau

Der bei wässriger Extraktion gewonnene Färberwauextrakt erreichte gute Ergebnisse (Tab. 33) und ist hervorragend zur Färbung in Grau- und Schwarztönen und nur bedingt für Gelbtöne geeignet.

Tabelle 33: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 100 % Wasser (Anlage 8)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	5/10	2	3
6	3	5/10	3	3
9	3	5/10	3	3
12	3	4/10	3	3
1	2	2/10	2	2
4	3	2/10	3	3
7	2	2/10	2	2
10	3	2/10	2	3
2	2	7/10	2	2
5	2	6/10	1	2
8	2	6/10	2	2
11	3	4/10	2	2

Der Einsatz von 15 % Isopropanol im Lösungsmittelgemisch wirkte sich negativ auf das Gesamtergebnis gegenüber einer reinen wässrigen Extraktion aus (Tab. 34)

Tabelle 34: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Isopropanol (Anlage 9)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	3	3
6	3	2/10	3	3
9	3	2/10	3	3
12	3	1/10	3	3
1	3	2/10	3	3
4	3	2/10	3	3
7	3	2/10	3	3
10	3	1/10	3	3
2	3	8/10	3	3
5	2	7/10	2	2
8	2	7/10	2	2
11	3	5/10	3	3

Der Versuch mit 30 % Isopropanol im Lösungsmittelgemisch erbrachte keine Verbesserung der Färbungen. Es wurde zwar bei einer Eisensulfatbeize die Durchfärbung erhöht, aber die Färbung selbst muss als unbrauchbar eingestuft werden (Tab 35).

Tabelle 35: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Isopropanol (Anlage 10)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	3/10	3	2
6	2	3/10	2	3
9	2	3/10	3	3
12	2	3/10	3	3
1	2	3/10	3	2
4	3	2/10	3	2
7	2	2/10	2	2
10	3	2/10	3	3
2	3	8/10	3	3
5	3	8/10	3	3
8	3	9/10	3	3
11	3	7/10	3	3

Die Versuche mit Extrakten, die mit einem Isopropanolanteil von 50 % hergestellt wurden, bestätigten, dass dieses Extraktionsmittel für Färberwau wenig geeignet ist. Trotz einer dreifach höheren Farbstoffausbeute gegenüber einer reinen Wasserextraktion entsprechen die Färbungen nicht der der Extrakte aus rein wässriger Extraktion (Tab. 36).

Tabelle 36: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Isopropanol (Anlage 11)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	2/10	3	3
6	3	2/10	2	3
9	2	2/10	3	2
12	3	1/10	3	3
1	2	2/10	3	3
4	3	2/10	2	2
7	2	2/10	3	3
10	3	2/10	2	2
2	2	7/10	3	2
5	2	7/10	3	2
8	2	7/10	2	3
11	2	5/10	3	3

Die Versuchsvariante mit dem Einsatz von 15 % Äthanol im Lösungsmittelgemisch ist als besonders negativ zu bewerten. Der Farbstoff zog völlig ungenügend auf und drang nicht in das Hautfasergefüge ein. Die Färbung war außerdem ungleichmäßig (Tab. 37).

Tabelle 37: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Äthanol (Anlage 12)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	2/10	3	3
6	3	2/10	3	3
9	3	2/10	2	2
12	3	2/10	3	2
1	3	1/10	3	3
4	3	1/10	3	3
7	2	2/10	2	2
10	3	2/10	3	3
2	3	3/10	3	3
5	3	3/10	2	3
8	3	3/10	3	3
11	3	3/10	3	3

Bei 30 % Äthanolanteil im Extraktionsmittelgemisch war die Durchfärbung gegenüber dem vorhergehenden Extrakt zwar verbessert, die Muster sind trotzdem nicht zufriedenstellend (Tab. 38).

Tabelle 38: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Äthanol (Anlage 13)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	3/10	3	3
6	3	3/10	3	3
9	3	3/10	3	3
12	3	3/10	2	3
1	3	2/10	3	2
4	3	2/10	3	3
7	2	2/10	3	2
10	3	2/10	3	3
2	2	7/10	2	2
5	3	7/10	3	3
8	3	7/10	3	2
11	3	6/10	3	3

Das Wasser-/Äthanolgemisch von 50 zu 50 % gewährleistete nicht nur die höchste Farbstoffausbeute, sondern auch sehr gute Färbeergebnisse und ist deshalb nach bisherigem Kenntnisstand für die Lederfärbung gut geeignet (Tab. 39).

Tabelle 39: Beurteilung der Färbung mit Färberwauextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Äthanol (Anlage 14)

Anlage/Variante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
27+28 3	2	8/10	2	2
6	2	8/10	2	2
9	2	8/10	2	2
12	2	7/10	3	2
1	2	4/10	3	2
4	1	5/10	1	1
7	1	4/10	2	1
10	2	5/10	3	2
2	1	9/10	1	1
5	1	9/10	1	1
8	1	8/10	1	1
11	2	8/10	2	2

Krapp

Die bei rein wässriger Extraktion gewonnenen Krappextrakte erreichten interessante Färbeergebnisse. Trotz mangelnder Durchfärbung ist der erzielte Farbton für Pastelltöne und verschiedene Grauvarianten gut geeignet (Tab. 40).

Tabelle 40: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 100 % Wasser (Anlage 15)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	1/10	1	2
6	3	1/10	1	2
9	3	1/10	1	2
12	3	1/10	1	2
1	2	1/10	2	2
4	3	1/10	2	3
7	3	1/10	1	3
10	3	1/10	2	3
2	2	2/10	2	2
5	2	2/10	2	2
8	3	2/10	2	2
11	3	2/10	2	2

Bei der Färbung mit Krappextrakten, die mit einem Wasser-/Isopropanolgemisch im Verhältnis von 85 zu 15 % hergestellt wurden, wurde deutlich, dass Muster, die sich länger (über Nacht, Varianten 3, 4, 7, 8, 11 und 12) in der Flotte befanden, wesentlich mehr Farbstoff aufgenommen haben als diejenigen mit kurzer Verweildauer. Die Temperatur hatte dabei keinen Einfluss (Tab. 41).

Tabelle 41: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Isopropanol (Anlage 16)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	1	8/10	2	2
6	2	9/10	1	3
9	1	8/10	2	2
12	2	9/10	1	3
1	1	3/10	1	2
4	2	8/10	3	3
7	1	2/10	2	2
10	2	5/10	2	3
2	1	3/10	1	2
5	2	6/10	2	3
8	1	2/10	1	2
11	2	7/10	2	3

Durch den höheren Einsatz an Isopropanol (30 %) im Extraktionsmittel war eine zunehmende Verbesserung der Farbgleichmäßigkeit zu verzeichnen. Die erzielten Farbtöne sind zur Lederfärbung brauchbar (Tab. 42)

Tabelle 42: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Isopropanol (Anlage 17)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	2/10	3	2
6	2	2/10	3	2
9	2	2/10	1	2
12	3	2/10	2	3
1	2	2/10	1	1
4	2	2/10	2	2
7	3	2/10	2	3
10	3	2/10	1	3
2	2	2/10	1	1
5	2	2/10	2	2
8	2	2/10	2	2
11	3	2/10	2	3

Durch Extraktion mit Wasser und Isopropanol im Verhältnis 50 zu 50 % war ein höher konzentrierter Farbstoffauszug entstanden, was sich in deutlich kräftigeren Farbtönen widerspiegelt. Die Extrakte sind gut zur Lederfärbung einsetzbar (Tab. 43).

Tabelle 43: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Isopropanol (Anlage 18)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	7/10	2	2
6	3	5/10	3	3
9	1	4/10	1	2
12	2	4/10	2	3
1	1	7/10	1	2
4	3	3/10	2	3
7	2	4/10	2	2
10	2	4/10	1	3
2	2	7/10	1	2
5	3	4/10	1	3
8	2	2/10	2	2
11	2	2/10	2	2

Die Varianten der mit 15 % Äthanol im Extraktionsmittelgemisch gewonnenen Extrakte zeigten die gleichen verwendbaren Pastelltöne wie bei analogem Einsatz von Isopropanol. Insbesondere die Muster ohne Beize bzw. mit Eisensulfatbeize ergaben verwendbare Farben (Tab. 44).

Tabelle 44: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Äthanol (Anlage 19)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	8/10	1	2
6	2	8/10	1	2
9	2	8/10	2	2
12	2	7/10	2	2
1	2	8/10	3	2
4	3	8/10	3	3
7	3	4/10	2	3
10	3	4/10	2	3
2	2	2/10	1	2
5	3	2/10	3	2
8	3	2/10	2	2
11	3	4/10	3	3

Bei den mit 70 % Wasser und 30 % Äthanol extrahierten Farbstoffen zog die Farbe relativ gleichmäßig auf und die Durchfärbung war zum Teil sehr gut. Es war kaum noch ein Unterschied zwischen den Temperatur- und Laufzeitvarianten erkennbar (Tab. 45).

Tabelle 45: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Äthanol (Anlage 20)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	7/10	1	1
6	2	8/10	3	1
9	2	5/10	3	1
12	2	5/10	3	1
1	2	2/10	2	1
4	2	2/10	2	1
7	2	2/10	1	1
10	2	2/10	1	2
2	2	3/10	2	2
5	2	6/10	2	3
8	2	6/10	2	3
11	2	5/10	2	2

Der Extrakt aus einem Wasser-/Äthanolgemisch von 50 zu 50 % zeigte die brillantesten Farben. Allerdings war der Farbstoff so konzentriert, dass er bereits an der Oberfläche des Leders gebunden und somit eine Durchfärbung verhindert wurde (Tab. 46). Eine Verbesserung sollte sich durch Flottenverlängerung erreichen lassen.

Tabelle 46: Beurteilung der Färbung mit Krappextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Äthanol (Anlage 21)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	1	4/10	1	1
6	2	4/10	3	1
9	2	4/10	3	1
12	2	4/10	3	1
1	2	2/10	2	1
4	1	2/10	1	1
7	1	2/10	2	1
10	2	2/10	2	2
2	1	2/10	1	1
5	2	2/10	1	2
8	1	2/10	1	1
11	2	2/10	1	1

Kanadische Goldrute

Der reine wässrige Extrakt aus Kanadischer Goldrute brachte auf dem Leder eine weitgehend zufriedenstellende Durchfärbung bei guter Gleichmäßigkeit der Anfärbung (Tab. 47).

Tabelle 47: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 100 % Wasser (Anlage 22)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	9/10	2	3
6	2	9/10	3	3
9	2	9/10	2	3
12	2	8/10	2	3
1	1	4/10	2	2
4	1	3/10	1	2
7	1	3/10	2	2
10	1	5/10	1	2
2	2	3/10	1	2
5	2	4/10	1	2
8	1	5/10	2	2
11	2	3/10	1	2

Der Einsatz von 15 % Isopropanol zur Extraktion der Goldrute war nicht von Vorteil. Die Farbintensität war nicht höher als nach einer reinen Wasserextraktion, das Leder nur blass angefärbt (Tab. 48).

Tabelle 48: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Isopropanol (Anlage 23)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	8/10	2	3
6	3	8/10	2	3
9	3	8/10	2	3
12	3	8/10	2	3
1	3	3/10	2	3
4	3	4/10	2	3
7	3	4/10	1	3
10	3	3/10	1	3
2	2	2/10	1	2
5	2	2/10	1	2
8	2	3/10	2	2
11	2	3/10	1	2

Der Extrakt, der unter Verwendung von 30 % Isopropanol hergestellt wurde, war nicht zwischen den mit 15 bzw. 50 % Isopropanoleinsatz hergestellten einzuordnen. Der Farbstoff liegt nur auf, durchdrang das Leder aber nicht (Tab. 49).

Tabelle 49: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Isopropanol (Anlage 24)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	2/10	3	2
6	2	2/10	3	2
9	2	2/10	3	2
12	2	2/10	3	2
1	2	2/10	3	2
4	2	2/10	3	2
7	2	2/10	3	2
10	2	2/10	3	2
2	2	2/10	2	2
5	2	2/10	1	2
8	2	2/10	2	1
11	2	2/10	2	1

Der Färbeversuch mit einem durch Einsatz von 50 % Isopropanol und 50 % Wasser gewonnenen Extrakt bestätigte die niedrigen Gehalte der Farbstoffanalyse und unterstreicht, dass Isopropanol als Extraktionsmittel bei der Goldrute nicht geeignet ist (Tab. 50).

Tabelle 50: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Isopropanol (Anlage25)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	3	7/10	3	3
6	3	7/10	3	3
9	3	5/10	3	3
12	3	5/10	3	3
1	2	2/10	2	2
4	3	2/10	3	2
7	2	2/10	2	2
10	2	2/10	2	2
2	3	2/10	2	1
5	2	2/10	2	2
8	1	3/10	1	1
11	2	4/10	2	2

Aus Tabelle 51 ist deutlich zu erkennen, dass mit 15 % Äthanol im Extraktionsmittel, der Färbung bei 30 °C und einer Laufzeit von einer Nacht die kräftigsten und brillantesten Farbtöne erzielt wurden.

Tabelle 51: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 85 % Wasser/15 % Äthanol (Anlage 26)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	1	4/10	2	1
6	3	6/10	2	2
9	1	4/10	3	1
12	3	6/10	2	3
1	1	3/10	1	1
4	3	4/10	2	2
7	3	4/10	3	2
10	3	3/10	2	2
2	1	5/10	1	1
5	2	2/10	2	2
8	2	2/10	3	2
11	2	4/10	2	2

Die Erhöhung des Äthanolanteils im Lösungsmittelgemisch auf 30 % führte zu einer Vereinheitlichung der Farbtöne. Die Durchfärbung war sehr gut (Tab. 52).

Tabelle 52: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 70 % Wasser/30 % Äthanol (Anlage 27)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	9/10	2	2
6	2	9/10	2	2
9	3	9/10	3	2
12	3	9/10	2	2
1	2	6/10	2	2
4	2	8/10	2	2
7	3	8/10	3	2
10	2	8/10	2	2
2	2	8/10	2	1
5	2	9/10	2	1
8	2	9/10	2	1
11	3	9/10	3	3

Auch bei einem Einsatz von 50 % Äthanol in der Extrahierflotte war die Durchfärbung sehr gut. Die Farbtöne variierten kaum (Tab. 53).

Tabelle 53: Beurteilung der Färbung mit Goldruteextrakt - Extraktionsmittel 50 % Wasser/50 % Äthanol (Anlage 28)

Färbevariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
3	2	10/10	3	2
6	2	10/10	3	2
9	2	10/10	1	2
12	2	10/10	2	2
1	2	8/10	3	2
4	2	8/10	2	2
7	2	8/10	2	2
10	3	8/10	2	2
2	2	8/10	2	2
5	2	10/10	2	2
8	2	9/10	3	2
11	1	9/10	2	

Rainfarn

Bei Rainfarn bewirkte der unterschiedliche Farbstoffgehalt der Extrakte beim Einsatz von Kalialaunbeize kaum eine Änderung der Bewertungsnoten. Die Extrakte sind nur bedingt zur Lederfärbung einsetzbar (Tab. 54).

Tabelle 54: Beurteilung der Färbungen mit Rainfarn-Extrakten mit Kalialaunbeize (Anlage 29)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	2	2/10	2	2
2	1	2/10	2	1
3	2	2/10	2	2
4	2	2/10	3	2
5	2	2/10	3	2
6	3	2/10	3	2
7	2	2/10	1	2

Auch die Verwendung von Eisen-II-Sulfat-Beize verbesserte die Qualität der Färbung mit Rainfarn-Extrakten nicht wesentlich, so dass auch hier keine Eignung für die Lederfärbung bescheinigt werden kann (Tab. 55).

Tabelle 55: Beurteilung der Färbungen mit Rainfarn-Extrakten mit Eisen-II-Sulfat-Beize (Anlage 30)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	3	4/10	3	3
2	3	3/10	3	3
3	3	2/10	3	3
4	3	2/10	2	3
5	3	2/10	3	3
6	3	2/10	3	3
7	3	2/10	2	3

Färberscharte

Die Färberscharte-Extrakte, mit denen unter Verwendung von Kalialaunbeize gefärbt wurde, sind sehr

gut zur Lederfärbung geeignet (Tab. 56). Aus Wirtschaftlichkeitsgründen ist, wegen seines geringeren alkoholischen Lösungsmittelanteils, dem Extrakt 5 der Vorzug zu geben, weil er wesentlich kostengünstiger hergestellt werden kann als Extrakt 3.

Tabelle 56: Beurteilung der Färbungen mit Färberscharte-Extrakten mit Kalialaunbeize (Anlage 31)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	2	2/10	3	3
2	2	2/10	3	2
3	1	3/10	2	1
4	2	4/10	3	2
5	1	3/10	2	1
6	2	3/10	2	2
7	2	2/10	2	2

Die mit Eisen-II-Sulfat-Beize gefertigten Muster gaben durchweg ein sehr schlechtes Erscheinungsbild ab. Von einem Einsatz dieses Extraktes in Verbindung mit einer Eisenbeize ist genauso wie bei den Rainfarnextrakten abzusehen (Tab. 57).

Tabelle 57: Beurteilung der Färbungen mit Färberscharte-Extrakten mit Eisen-II-Sulfat-Beize (Anlagen 32)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	2	4/10	3	3
2	3	4/10	3	3
3	3	3/10	3	3
4	3	4/10	3	3
5	3	3/10	3	3
6	3	3/10	3	3
7	3	3/10	3	3

Kanadische Goldrute Sorte 'Goldkind'

Die aus 'Goldkind' hergestellten Extrakte 3, 5 und 6 sind bedingt zur Lederfärbung geeignet (Tab. 58). Folgeversuche wurden nur noch mit den Blütenköpfen der Goldrutenpflanzen durchgeführt, um den hohen Chlorophyllanteil, der sich negativ auf die Färbung auswirkt, zu verringern.

Tabelle 58: Beurteilung der Färbungen mit Goldrute-Extrakten (Sorte 'Goldkind') mit Kalialaunbeize (Anlage 33)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	3	3/10	3	2
2	2	3/10	3	2
3	1	5/10	2	1
4	3	3/10	3	2
5	1	6/10	1	1
6	1	6/10	2	1
7	3	3/10	3	3

Die Färbeergebnisse der 'Goldkind'-Extrakte in Verbindung mit Eisenbeize entsprachen genau denen mit Rainfarn und Färberscharte und sind zur Lederfärbung nicht zu empfehlen (Tab. 59). Die durchweg vorhandene Grünstichigkeit, durch mitextrahiertes Chlorophyll bedingt, ist typisch für Goldrute.

Tabelle 59: Beurteilung der Färbung mit Goldruten-Extrakt (Sorte 'Goldkind') mit Eisen-II-Beize (Anlage 34)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	3	3/10	3	3
2	3	3/10	3	3
3	3	3/10	3	3
4	3	4/10	3	3
5	3	3/10	3	3
6	3	4/10	3	3
7	3	2/10	3	3

Saflor

Die Saflor-Extrakte sind in Verbindung mit Alaunbeize alle gut zur Lederfärbung geeignet (Tab. 60). Die Farbnuancierung durch den Einsatz unterschiedlicher Extraktionsmittel waren ein positiver Nebeneffekt. Eventuell auftretende Flecke sind durch Eisen hervorgerufen und haben mit der eigentlichen Färbung nichts zu tun.

Tabelle 60: Beurteilung der Färbung mit Saflor-Extrakten mit Kalialaunbeize (Anlage 35)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	2	5/10	1	1
2	2	6/10	1	2
3	2	5/10	2	2
4	3	7/10	2	2
5	2	6/10	1	1
6	2	5/10	1	2
7	3	9/10	1	2

Bei Einsatz einer Eisenbeize weisen die Saflor-Extrakte ebenfalls eine gute Eignung zur Lederfärbung auf (Tab. 61). Die etwas geringe Farbtiefe ist durch die hohe Durchfärbung bedingt und kann mit einem höheren Farbstoffeinsatz ausgeglichen werden.

Tabelle 61: Beurteilungen der Färbungen mit Saflor-Extrakten mit Eisen-II-Sulfat-Beize (Anlage 36)

Extraktionsvariante	Anfärbung	Durchfärbung	Farbgleichmäßigkeit	Farbtiefe
1	2	10/10	1	2
2	3	10/10	1	2
3	2	10/10	2	2
4	3	10/10	2	2
5	2	10/10	1	2
6	3	10/10	2	2
7	2	8/10	2	2

3.3.3 Analytische Befunde

3.3.3.1 Vorbehandlung der Krappwurzeln

Die Gehalte an Ruberythrin säure und Alizarin in den Krappextrakten, mit unterschiedlichen Lösungsmitteln nach variierter Vorbehandlung hergestellt, beinhaltet Tabelle 62.

Die gewonnenen Extrakte wurden auf chromfrei gegerbtem Leder unter Verwendung von Kalium-

hydrogentartrat, Kalialaun und Eisen-II-Sulfat als Beizmittel ausgefärbt. Die entsprechenden Technologien sind in den Anlagen 37 bis 45 aufgeführt.

Tabelle 62: Ruberythrinsäure- und Alizaringehalt der Extrakte aus unterschiedlich vorbehandeltem Krapp mit verschiedenen Lösungsmitteln

Extraktionsmittel	Feinheit des Materials	Vorbehandlung des Pflanzenmaterials	Farbstoffgehalt des Extraktes (mg/ml)	
			Ruberythrinsäure	Alizarin
Wasser	grob (gehäckselt)	30 min gequollen	12,80	0,13
		24 h fermentiert	6,71	7,80
		72 h vergoren	n. n.	0,15
	fein (gemahlen)	30 min gequollen	2,20	1,00
		24 h fermentiert	0,01	n. n.
		72 h vergoren	n. n.	n. n.
70 % Wasser/ 30 % Isopropanol	grob (gehäckselt)	30 min gequollen	27,20	0,27
		24 h fermentiert	32,60	1,20
		72 h vergoren	0,34	0,29
	fein (gemahlen)	30 min gequollen	17,10	0,65
		24 h fermentiert	19,70	0,30
		72 h vergoren	n. n.	0,03
70 % Wasser/ 30 % Isopropanol	grob (gehäckselt)	30 min gequollen	25,60	2,00
		24 h fermentiert	72,80	4,20
		72 h vergoren	0,73	1,00
	fein (gemahlen)	30 min gequollen	30,30	1,50
		24 h fermentiert	21,10	0,30
		72 h vergoren	n. n.	3,30

Im Ergebnis der Versuche ist festzustellen, dass bei Verwendung von gehäckselttem Krapp der Farbstoffgehalt im Extrakt wesentlich höher ist. Das ist sehr verwunderlich, sollten doch die Farbstoffe in fein gemahlenem Material sehr viel leichter zur Lösungsmittlextraktion zugänglich sein als bei nur grob zerkleinertem Extraktionsgut. In früheren Versuchen hatte sich diese Annahme vollauf bestätigt (Tab. 63).

Tabelle 63: Ruberythrinsäure- und Alizaringehalte mit Krappwurzeln unterschiedlichen Zerkleinerungsgrades nach verschiedenen Methoden extrahiert

Extraktionsmittel	Extraktionsmethode	Zerkleinerung	Ruberythrinsäure (ppm)	Alizarin (ppm)	Alizarinäquivalente (ppm)
Wasser	Ultraschall	grob	1.378	642	1.249
		fein	1.646	973	1.626
Wasser	kalt, 24 h	grob	1.542	598	1.276
		fein	2.388	513	1.564
Methanol	Rückfluss, 1 h	grob	20.073	294	88.570
		fein	287.085	155	126.473

Auch die nachweisbare Existenz von Krapp-Mühlen bereits im Mittelalter, in denen die gernteten Wurzeln vor ihrem Einsatz zu Färberzwecken fein gemahlen wurden, weist in die gleiche Richtung. Offenbar wird bei der Vorbehandlung des Krapp mit Wasser ein beträchtlicher Teil der Ruberythrinsäure gelöst und anschließend mit dem Wasser abdekantiert. Nur in diesem Sinne lassen sich die Werte der Tabelle 64 interpretieren, in der die ermittelten Farbstoffgehalte vor und nach der Wasserbehandlung gegenübergestellt sind.

Tabelle 64: Ruberythrinsäure- und Alizaringehalte der verwendeten Krappwurzeln im Originalzustand und nach den verschiedenen Vorbehandlungen

Feinheit des Materials	Vorbehandlung	Ruberythrinsäure (mg/g)	Alizarin (mg/g)
grob (gehäckselt)	original	165,30	2,98
	Trester	31,69	8,58
	original vergoren	165,30	2,98
	Trester	24,95	9,29
	original fermentiert	165,30	2,98
	Trester	52,59	8,24
fein (gemahlen)	original	194,69	2,89
	Trester	1,60	8,99
	original vergoren	194,60	2,89
	Trester	0,59	10,87
	original fermentiert	194,69	2,89
	Trester	n. n.	10,90

Man kann erkennen, dass der Alizaringehalt aller Proben in gleichem Maße und zwar beträchtlich zugenommen hat. Das aus der Ruberythrinsäure gebildete Alizarin ist weitgehend wasserunlöslich und findet sich dementsprechend in dem Rückstand.

Wenn es stimmt, und verschiedene Indizien weisen darauf hin, dass Alizarin das eigentlich färbende Prinzip ist, indem nur zwischen dem Aglycon und der Beize die stark farbigen inneren Komplexe gebildet werden, dann hat der Krapp durch die Vorbehandlung eine bedeutende Qualitätsverbesserung erfahren. Außerdem sollten die Extrakte aller drei Vorbehandlungen gleichermaßen zum Färben verwendbar sein.

Bedauerlich ist jedoch, dass nur ein Teil der Ruberythrinsäure in Alizarin umgewandelt wird und der größte Teil ungenutzt bleibt. Um hier eine positive Änderung zu erreichen, muss noch nach anderen Möglichkeiten zur Umwandlung von Ruberythrinsäure in Alizarin gesucht werden. Zu denken ist an eine chemische oder enzymatische Hydrolyse des Glycosides vor der Extraktion.

Neben der wässrigen bzw. wässrig/alkoholischen Extraktion kam noch 1 %iger Ammoniak in Wasser zur Extraktion zum Einsatz. Sowohl gemahlener als auch gehäckselter Krapp als Ausgangsmaterial wurde 30 min eingeweicht, danach mit 1 %iger Ammoniak-Wasser-Lösung versetzt und 1 h bei 75 °C extrahiert. Die Zusammensetzung der so hergestellten Extrakte ist Tabelle 65 zu entnehmen.

Tabelle 65: Ruberythrinsäure- und Alizaringehalte mit Krappwurzeln und den daraus nach Extraktion mit 1 %iger wässriger Ammoniaklösung gewonnenen Extrakte

Feinheit des Materials	Vorbehandlung	Ruberythrinsäure (mg/g)	Alizarin (mg/g)
grob (gehäckselt)	original	165,30	2,98
	Trester	45,98	5,83
	Extrakt	16,90	0,10
fein (gemahlen)	original	194,69	2,89
	Trester	30,60	3,45
	Extrakt	24,00	0,50

Auch bei diesem Versuch enthält das vorbehandelte Material sehr viel weniger Gesamtfarbstoff als der ursprüngliche Krapp. Der Gehalt an Alizarin ist wiederum durch die Vorbehandlung erhöht, wenn auch nicht in dem selben Maße wie bei den vorher beschriebenen Versuchen. Mit der Ammoniaklö-

sung konnte aus beiden Krappproben unterschiedlichen Zerkleinerungsgrades Alizarin extrahiert werden. Dabei war der Alizingehalt des Extraktes aus feingemahlenem Krapp deutlich höher. Damit dürfte sich eine wässrige Ammoniaklösung, die auch in der Literatur des öfteren als Extraktionsmittel erwähnt ist, generell zur Extraktion saurer Pflanzenfarbstoffe eignen.

3.3.3.2 Ausfärbung des Leders mit den gewonnenen Extrakten

Bei der Beurteilung der mit den gewonnenen Krapp-Extrakten im labortechnischen Maßstab ausgefärbten Leder ist sichtbar, dass die mit Extrakten aus gemahlenem Krapp gefärbten Muster deutlich hervorstechen. Dabei ist es gleichgültig, ob Kalialaun oder Eisen-II-Sulfat als Beizmittel eingesetzt wurden. Gänzlich ungeeignet dagegen ist eine reine Weinsteinbeize, da sie nur eine unzureichende Verlackung und keinen Farbumschlag ergibt.

Extrakt aus vergorenem Krapp zur Lederfärbung einzusetzen, scheint nicht empfehlenswert. Die damit gefärbten Leder sind wenig brillant und in ihrer Färbung unzureichend und fleckig, obgleich nach den Ergebnissen der Farbstoffbestimmung keine Unterschiede zu den beiden anderen Vorbehandlungen zu erwarten waren.

Durch diese Versuchsreihe konnte herausgestellt werden, dass der Krapp im gehäckselten Zustand zwar eine höhere extrahierbare Gesamtfarbstoffausbeute erbringt, sich aber ein aus gemahlenem Krapp gewonnener Extrakt besser zur Lederfärbung eignet. Gleichzeitig zeigte sich, dass der höhere Anteil an Alizarin in diesen Extrakten die besseren Färbereigenschaften bedingt. Damit liegt ein deutlicher Hinweis darauf vor, dass die Farbstoffkomponente Alizarin wirklich der färbende Teil am Gesamtfarbstoff ist.

Von den mit ammoniakalischen Extrakten gefärbten Ledermustern sind sowohl die mit Weinstein als auch die mit Kalialaun gebeizten Leder wenig brillant. Die mit Eisen-II-Sulfat gebeizten Varianten hingegen zeichnen sich durch eine gute Farbtiefe und Gleichmäßigkeit aus. Die Durchfärbung ist selbst bei stehender Flotte gut (Anlage 46). Ein mit basischen Extraktionsmitteln gewonnener Krapp-Extrakt ist hervorragend zur Schwarzfärbung geeignet.

3.3.3.3 Testung unterschiedlicher Gerbstoffe (Anlage 47)

In diesem Versuch wurden zwei verschiedene, chromfreie Gerbstoffe eingesetzt, um ihr Verhalten bei einer gegebenenfalls notwendigen Änderung der Gerbtechnologie auf den Pflanzenfarbstoff zu testen. Zur Anwendung kamen der üblicherweise in der Weida Leder GmbH eingesetzte chromfreie Gerbstoff und ein weiterer chromfreier Gerbstoff der Firma Bayer AG Leverkusen. Die Bearbeitung beider Leder erfolgte nach gleicher Technologie. Als Färberpflanzen dienten Krapp und Färberwau. Gebeizt wurde mit Kalialaun und Eisen-II-Sulfat.

Bei einer Beizung mit Kalialaun weisen die Leder, welche mit dem üblicherweise in Weida eingesetzten Gerbstoff gegerbt worden waren, eine wesentlich höhere Brillanz und Gleichmäßigkeit auf als die mit Gerbstoffen der Firma Bayer behandelten. Dagegen zeigten sich bei der Eisen-II-Sulfat-Beizung kaum Unterschiede zwischen beiden Lederchargen.

Der Versuch belegt, dass Pflanzenfarbstoffe sehr empfindlich auf verwendete Gerbstoffe reagieren und dass bei Änderungen in der Gerbtechnologie auch neue Färbebedingungen festgelegt werden müssen.

3.3.3.4 Holunder (Anlage 48)

Die Ausfärbungen mit den Holunderextrakten ergeben matte, aber ansprechende Töne, deren

praktische Anwendung denkbar ist. Die Gewinnung des Extraktes ist allerdings noch zu kosten-aufwendig, um derartig gefärbte Leder zur Markteinführung zu bringen.

3.3.3.5 Untersuchung verschiedener Beizvarianten (Vor- und Nachbeize) hinsichtlich ihrer Eignung bei der Lederfärbung (Anlagen 49 und 50)

Die Versuche wurden mit Extrakten der Färberpflanzen Krapp und Reseda durchgeführt. Als Beizmittel kamen Kalialaun, ein Kalialaun-/Eisen-II-Sulfat-Gemisch sowie Eisen-II-Sulfat zum Einsatz. Die Färbung erfolgte nach dem Standardverfahren. Das Beizmittel wurde 1 h vor der eigentlichen Färbung (Vorbeize) bzw. gleichzeitig mit der Farbe (Direktbeize) eingesetzt.

Im Ergebnis ist zu erkennen, dass die mit einer Direktbeize gefärbten Leder wenig Farbtiefe besitzen und verwaschen aussehen. Der Grund liegt in der Verlackung des Farbstoffes durch das gleichzeitig eingesetzte Beizmittel. Dadurch wird ein Großteil des Farbstoffes gebunden und hat demzufolge nicht mehr die Möglichkeit in das Leder einzuziehen. Diese Art der Beize ist zur Lederfärbung nicht geeignet, da sehr viel Farbstoff ungenutzt ausgespült wird.

Die Leder mit einer Vorbeize hingegen zeichnen sich durch eine sehr hohe Farbbrillanz und Farbtiefe aus. Da das Beizmittel bereits im Leder gebunden ist, wird der Farbstoff vorwiegend an der Oberfläche gebunden. Es ist demzufolge sehr schwierig, eine Durchfärbung zu erreichen. Diese Art der Beizung eignet sich hervorragend, wenn ein nicht durchgefärbtes Leder den Ansprüchen genügt, wie z. B. bei einer nicht offenkantigen Verarbeitung. Es sind damit auch sehr gute Schwarzfärbungen erreichbar.

Die eigentlich praxisrelevante Beizvariante ist aber die Nachbeize, bei der der Farbstoff zunächst in das Leder eindringen kann und erst im Nachhinein durch das Beizmittel fixiert wird. Für die meisten der durchgeführten Lederfärbungen war das die Standardtechnologie.

3.3.3.6 Testung von UV-Absorbern (Anlage 51)

Die in Zusammenarbeit mit der Firma "sema GmbH" Coswig durchgeführten Versuche, unter Verwendung von UV-Absorbern die Lichtechtheit der Leder zu verbessern, hatte bedingten Erfolg. Zum einen konnte die Lichtechtheit um ein bis zwei Noten verbessert werden, zum anderen verursachte der Einsatz der Materialien aber eine Veränderung des Ledercharakters. Der Einsatz UV-Absorbern ist bedingt möglich, es bedarf aber noch weiterer industrieller Forschung.

3.3.3.7 Kleintechnische Versuche (Anlagen 52 bis 73)

Färbung und Zurichtung der Häute

Ausgehend von den in den labortechnischen Versuchen gewonnenen Erkenntnissen, ist im Projektzeitraum versucht worden, die besten Varianten in den kleintechnischen Maßstab zu überführen und sie dabei gleichzeitig weiterzuentwickeln.

Insgesamt wurden 14 Versuche mit je einer halben bzw. mit einer ganzen chromfrei gegerbten Rindshaut (Anlagen 52 bis 65) durchgeführt. In 4 Versuchen wurden zwei Häute verwendet (Anlagen, Technologien und Muster 66 bis 73).

Die Färbung erfolgte nach dem üblichen Verfahren mit einem Farbstoffextrakt, der bei 15 Extraktionen einem Lösungsmittelgemisch von 50 % Isopropanol und 50 % Wasser und bei 1 Extraktion nur mit Wasser als Lösungsmittel gewonnen worden war. Bei zwei Versuchen wurde nur Eisen-II-Sulfat als Beizmittel ohne Farbstoff eingesetzt, um eine Blaufärbung des Leders zu erreichen. Das Verhältnis

von Ledertrockenmasse zu eingesetztem Pflanzenmaterial betrug 1 : 1,5. Bei 13 Versuchen kam Kalialaun, bei 4 Eisen-II-Sulfat und bei einem Färbeversuch Weinstein, Kalialaun und Eisen-II-Sulfat als Beizmittel zur Anwendung. Die Färbungen wurden in der Technikumsanlage der Firma "Thüringer Lederfabrik Weida GmbH" durchgeführt. Der eigentlichen Färbung schlossen sich folgende Arbeitsgänge an:

- Ausrecken zur Rendementvergrößerung und Abquetschen des Wassers,
- kalte Trocknung auf einem Spannrahmen,
- dreistündiges Walken der Häute in einem Walkfass zur Rückerlangung ihrer Haptik, also ihrer Weichheit und positiven Griffeigenschaften,
- Trockenzurichtung: zwei, zur Grundfarbe passende, Pigmentaufträge aus Erdalkalien zur Erhaltung des Naturcharakters und einen Finishauftrag zur Griffverbesserung.

In den 4 Versuchen, unter Verwendung von 2 Häuten, wurde jeweils bei einer Haut auf eine Trockenzurichtung verzichtet.

Im Ergebnis aller Verfahrensschritte entstanden unterschiedlich zugerichtete bzw. unzugelerichtete verkaufsfähige Häute.

Die Testung der Haftung der Trockenzurichtung erfolgte in der Lederfabrik Richard Hoffmans GmbH. Mit erzielten Werten der Haftung über 5 N/cm bei allen Häuten lagen diese deutlich über den vorgeschriebenen 3 N/cm.

Qualitätsbetrachtung

Neben der bereits erwähnten Prüfung der Haftung waren an den kleintechnisch hergestellten Ledern deren Licht-, Reib- und Schweißechtheit zu bestimmen. Diese, durch die Färbung beeinflussten, Echtheitswerte sind wesentliche Parameter bei der Qualitätseinstufung von gefärbtem Leder.

Die Testung dieser Echtheitsparameter erfolgte am Textilforschungsinstitut Thüringen Vogtland e.V.. Zu ihrer Bestimmung kamen die entsprechenden DIN-Vorschriften zur Anwendung.

Lichtecktheit nach DIN EN - 105 - B 02

Zur Prüfung der Lichtecktheit werden Lederproben teilweise mit einer Aluminiumfolie abgedeckt und in verschiedenen Zeitabschnitten dem Licht einer Xenonlampe ausgesetzt (Xenontest). Die Bewertung der Änderung des Farbtones erfolgt mit Hilfe eines Blaumaßstabes.

Reibecktheit trocken und nass nach DIN EN 105 - X 12

Durch das Reiben mit trockenem (Reibecktheit trocken) oder angefeuchtetem (Reibecktheit nass) Textilmaterial auf gefärbtem Leder unter genormten Bedingungen wird geprüft, inwieweit eine Anfärbung des Textilgewebes geschieht. Die Beurteilung erfolgt am trockenen bzw. wieder getrockneten Textilmaterial im Vergleich zum Graumaßstab für das Anbluten.

Schweißechtheit nach DIN EN 105 - E 04

Die Prüfung hat das Ziel, die Widerstandsfähigkeit des gefärbten Leders gegenüber dem menschlichen Schweiß zu testen. Hierzu werden Lederabschnitte mit textilem Material belegt, welches zuvor mit einer genau definierten chemisch hergestellten Schweißlösung getränkt wurde. Als textiles Material dienen Acetat, Baumwolle, Nylon, Seide, Viscose und Wolle, um alle gängigen Materialien abzudecken. Unter Druck verbleiben die Proben 3 h im Trockenschrank bei 37 °C. Die Benotung erfolgt mittels Graumaßstab anhand des Begleitgewebes gegen das unbehandelte Material.

Ergebnisse der Prüfungen

Die Ergebnisse der Echtheitsprüfungen ausgewählter Proben enthält Tabelle 66.

Tabelle 66: Ergebnisse der Echtheitsprüfungen der kleintechnisch hergestellten Leder

Anlagen	Lichteichtheit		Reibeichtheit		Schweibeichtheit
	Crust	zugerichtet	trocken	nass	
51	1	6	4-5	5	5
52	1	6	4	4-5	5
53	2	3-4	5	5	5
54	2	4-5	5	5	5
55	2	3-4	5	5	4-5
56	-	5	5	5	4-5
57	-	4	5	5	4
58	1	6	4-5	4-5	5
59	2-3	3	4	4-5	3-4
66 + 67	2		4-5	3-4	4-5
66 + 67		4-5	4-5	4-5	5
68 + 69	2		4-5	3-5	4
68 + 69		5	4-5	4-5	4-5 ⁰
70 + 71	2		4	3	3
70 + 71		4-5	4-5	4	4-5
72 + 73	1-2		4	3	3
72 + 73	5	4-5	4-5	4	4-5

Die Resultate der im kleintechnischen Maßstab gefertigten Leder belegen, dass die Qualität des Endproduktes auf ein Niveau zu bringen ist, das es erlaubt, ein verkaufsfähiges Produkt herzustellen. Die Werte der Schweibeichtheit, Reibeichtheit trocken und nass sowie der Lichteichtheit im zugerichteten Fertiglleder sind so hoch, dass bei Lederbekleidung, Schuhen oder Polstermöbeln kein Ausbluten der Farben und beim Schwitzen kein Durchschlagen der Farbe (z. B. von Lederbekleidung oder Schuhen auf andere Kleidungsstücke oder die menschliche Haut) zu befürchten ist. Für den Automobilbereich sind dagegen sowohl die Echtheitswerte als auch die Haptik noch nicht ausreichend.

Sowohl zugerichtete als auch unzuggerichtete Muster dieser Leder wurden den Firmen:

- Thüringer Lederfabrik Weida GmbH
- Schomisch GmbH
- Petra Günther / Täschnerwaren sowie
- Lederey Südharz

zur Produkttestung und Kundeneruierung übergeben.

3.3.3.8 Kompostiersversuche

Methodisches

Zur Entsorgung der bei der Lederherstellung anfallenden Falzspäne sowie des Tresters, der bei der Herstellung der Färberpflanzenextrakte entsteht, erfolgten zwei Kompostiersversuche. Im ersten Versuch betrug die Kompostierdauer ca. drei Monate, beim zweiten mehr als sechs Monate. Nach dieser Zeit wurde der entstandene Kompost auf Schwermetalle und organische Schadstoffe nach Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992) und der Thüringer Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der

Abfallklärslammverordnung (VV Vollzug AbfKlärV, 1995) untersucht.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 67 und 68 zusammengefasst.

Tabelle 67: Schwermetallgehalte, AOX und PCB- Wert kompostierter Lederabfälle nach dreimonatiger Kompostierung

Schwermetalle und organische Schadstoffe	Gehalt (mg/kg TS)	Grenzwert (mg/kg TS)
Kupfer	14	800
Cadmium	0,31	10
Chrom	30	900
Blei	68	900
Nickel	10	200
Zink	98	2500
Quecksilber	0,08	8
AOX	210	500
PCB	0,005	0,2

Tabelle 68: Schwermetallgehalte, AOX und PCB- Wert kompostierter Lederabfälle nach sechsmonatiger Kompostierung

Schwermetalle und organische Schadstoffe	Gehalt (mg/kg TS)	Grenzwert (mg/kg TS)
Kupfer	16	800
Cadmium	0,25	10
Chrom	188	900
Blei	16	900
Nickel	8	200
Zink	101	2500
Quecksilber	0,08	8
AOX	150	500
PCB	0,005	0,2

Die aufgezeigten Ergebnisse belegen, dass die Belastung der aus Lederabfällen hergestellten Komposte an Schwermetallen und organischen Schadstoffen weit unter den, laut Klärschlammverordnung vorgeschriebenen, Grenzwerten liegt. Auch wenn noch eine Prüfung des erhaltenen Kompostes bei der Jungpflanzenanzucht aussteht, sollte eine Nutzung der bei der Herstellung des Leders und des Farbstoffextraktes anfallenden Neben- und Restprodukte problemlos möglich sein. Die Eignung des Kompostes zur Jungpflanzenanzucht wurde im Frühjahr 2002 untersucht. Es traten keine Pflanzenschäden auf.

Die bisherigen Prüfergebnisse und die dazugehörige Auswertung wurde der Thüringer Lederfabrik Weida GmbH zur Nutzung übergeben.

3.4 Diskussion und Schlussfolgerungen

In Auswertung der Extraktions- und Färbeversuche ist festzustellen, dass für jedes zu extrahierende Pflanzenmaterial ein geeignetes Extraktionsmittel bzw. Extraktionsmittelgemisch gefunden wurde, dass die Färbung von chromfrei gegerbtem Leder ermöglicht.

Die Versuche zur Beizung beweisen, dass drei Beizvarianten, also Vor-, Nach- und die Direktbeize, durchführbar sind. Die Anforderungen an das Endprodukt bestimmen dabei die Wahl der jeweiligen Beizvariante. Zu bevorzugen, weil am vielfältigsten einsetzbar, ist die Nachbeize. Diese kam fast

ausschließlich bei den Versuchsfärbungen zur Anwendung.

Versuche zur Optimierung der Extraktion von Krapp-Farbstoffen zeigten, dass durch eine 24stündige Vorbehandlung des möglichst fein gemahlten Materials ein gut färbender Extrakt herstellbar ist. Allerdings werden nur 15 bis 20 % der ursprünglichen im Krapp vorhandenen Ruberythrin säure durch die Wasserbehandlung zum eigentlich färbenden Alizarin umgewandelt, während der Rest verloren geht. Eine weitere Optimierung ist unbedingt erforderlich.

Von den, neben Färberwau, geprüften gelbfärbenden Pflanzen ist Saflor gut zur Lederfärbung geeignet. Zum einen zieht der Farbstoff der Saflor-Extrakte relativ gleichmäßig auf das Leder auf und zum anderen wird eine gute bis sehr gute Durchfärbung erreicht. Auch Holunderextrakt könnte bei der Lederfärbung Einsatz finden, wenn es gelingt, die Herstellungskosten zu senken.

Die Färbung von Häuten, die mit unterschiedlichen Gerbstoffen gegerbt worden waren, belegte, dass der Farbton des gefärbten Leders in hohem Maße von dessen Vorbehandlung abhängt und deshalb bei Verwendung verschieden vorbehandelter Lederchargen immer neu eingestellt werden muss.

In Zusammenarbeit mit der Thüringer Lederfabrik Weida GmbH wurden kleintechnische Versuche durchgeführt und ausgewertet. Die Prüfung der Licht-, Reib- und Schweißechtheiten nach der jeweiligen DIN- Vorschrift erfolgte im Textilforschungsinstitut Thüringen/Vogtland e. V. in Greiz. Die Auswertung der Echtheiten und der Haptik der Leder zeigte, dass diese Produkte für einen, von äußerst hohen Ansprüchen geprägten, Einsatz in der Automobilindustrie noch nicht geeignet sind. Ein Einsatz in der Schuh- und Polsterindustrie ist aber auf alle Fälle möglich und wird momentan intensiv zu verwirklichen versucht.

Die Untersuchungen der Komposte aus Lederabfällen und Extraktionsrückständen auf Schwermetallgehalte, AOX und PCB ergaben, dass die gemessenen Werte unter den geforderten Grenzwerten liegen. Dadurch eröffnen sich Möglichkeiten zur problemlosen Beseitigung der Abfälle.

Des Weiteren wurden je zwei Haut in vier verschiedenen Farben gefertigt und diese verschiedenen Lederverarbeitern zur Verfügung gestellt. Mit diesem Material sollen Hersteller von Lederwaren gefunden werden, die aus diesen Ledern Mustermodelle fertigen, die dann auf verschiedenen Fachmessen vorgestellt werden, um einen möglichen Kundenkreis zu akquirieren.

Zur Verbesserung der Lichtecktheiten im Crustzustand der Leder, wurde Kontakt zur Firma "sema GmbH" (Sensitive Materialien) aufgenommen und Ledermuster zur Testung von speziell für dieses Leder hergestellten Lichtecktheitsverstärkern übergeben. Ein Einsatz der UV-Absorber erbrachte eine geringe Verbesserung der Lichtecktheit, hatte aber eine Veränderung des Ledercharakters zur Folge. Für einen verstärkten Einsatz der UV-Absorber sind intensive Untersuchungen zur Abstimmung derselben auf die Eigenschaften des Leders erforderlich.

Zusammenfassend lässt sich nach dreijähriger Untersuchung der Lederfärbung mit Naturfarbstoffen feststellen, dass es durchaus möglich ist, Leder auf diesem Wege in der nötigen Brillanz und mit ausreichenden Farbnuancen zu färben. Es konnten die Färberpflanzen für einen bestimmten gewünschten Farbton und die geeignetsten Lösungsmittelgemische für die Extraktion des Farbstoffes identifiziert werden. Ebenso bestehen Möglichkeiten, durch eine genaue Einstellung der Farbstoffkonzentration im Färbebad gute Färbeergebnisse zu erreichen. Auch für eine Verbesserung der noch nicht in allen Fällen befriedigenden Qualitäten des gefärbten Leders zeichnen sich Lösungsmöglichkeiten ab.

4 Zusammenfassung

Ein Einsatz von Naturfarbstoffen in der modernen Färberei kommt nur in Form von wasserlöslichen Extrakten (Pulver, Paste, Konzentrat) mit möglichst hohen Pigmentanteilen in Betracht. Um diese gewinnen zu können, ist ein hochqualitatives Ausgangsmaterial erforderlich. Die Qualität des Färberpflanzenmaterials kann zum einen durch ein optimales Anbau- und Nachernteverfahren, zum anderen durch züchterische Maßnahmen beeinflusst werden. Letzteres war ein Schwerpunkt des vorliegenden Projektes.

Untersuchungen an verschiedenen Herkünften von Färberhundskamille, Färberwau, Kanadischer Goldrute und Färberknöterich wiesen sehr unterschiedliche Farbstoffgehalte aus, so dass durch Auslese und Identifizierung progressiver Typen eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ausgangsmaterial zu erwarten war. Im Projektverlauf stellte sich jedoch heraus, dass gerade der Farbstoffgehalt großen umweltbedingten Schwankungen unterliegt und somit nicht als ausschließliches Selektionskriterium dienen kann. Dennoch erwiesen sich innerhalb des geprüften Artenspektrums einige Herkünfte/Auslesen als relativ stabil. Im Einzelnen konnten die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse erzielt werden:

Färberhundskamille kann in züchterischer Hinsicht als Selbstbefruchter betrachtet werden. Da innerhalb der Herkünfte nur eine geringe Variabilität festzustellen war, wurde ein umfangreiches Herkunftsscreening zur Eruierung aussichtsreicher Herkünfte durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass 2 Herkünfte über die Jahre hohe Farbstoffträge je Flächeneinheit erbrachten. Diese kommen nach weiterer Prüfung für eine Sortenzulassung in Betracht. Ein weiterer, allerdings wesentlich zeitaufwändigerer Weg wäre die gezielte Kreuzung farbstoffreicher mit ertragreichen Typen und die nachfolgende Einzelpflanzenauslese.

Im Gegensatz zu Färberhundskamille ist **Färberwau** ein strenger Fremdbefruchter, der auf Selbstung mit Inzuchtdepressionen reagiert. Auch hier bildete die Herkunftsprüfung den Schwerpunkt der Arbeiten. Von den geprüften Herkünften erwies sich nur eine als weitgehend stabil in Bezug auf Farbstoffgehalt und -ertrag und ist damit ebenfalls ein Sortenkandidat. Eine andere Zuchtmethode besteht in der Erzeugung von Inzuchtlinien und deren Prüfung auf Kombinationseignung zur Entwicklung synthetischer Sorten. Im Rahmen des Projektes ist damit begonnen worden.

Die züchterische Bearbeitung der **Kanadischen Goldrute** beschränkte sich auf Arbeiten mit der bereits vorselektierten Ziersorte 'Goldkind', da diese als Färberpflanze wesentlich aussichtsreicher als die Wildform ist. Untersuchungen an Modellklonen und Einzelpflanzen zeigten die beträchtliche Variabilität hinsichtlich des Farbstoffgehaltes und morphologischer Merkmale innerhalb dieser Sorte. Obgleich Goldrute ein ausgesprochener Fremdbefruchter ist, wies sie nach Selbstung keinerlei Inzuchtdepressionen auf. Verbesserte Sorten sind deshalb durch fortlaufende Selbstung und Identifizierung der besten Typen zu erreichen. Ein schnellerer Weg ist in der Verklonung aussichtsreicher Pflanzen zu sehen, der aber bei größerem Flächenumfang mit erheblichem Aufwand verbunden ist.

Da sowohl innerhalb einzelner Herkünfte des **Färberknöterich** als auch zwischen verschiedenen Herkünften nur eine sehr geringe Variabilität besteht, ist durch eine mutagene Behandlung von Knöterichsaatgut versucht worden, eine Variabilitätsweiterung zu erreichen. Erste Ergebnisse zeigen, dass es auf diesem Wege durchaus möglich sein sollte, verbesserte Sorten herzustellen. Einzelne Mutantennachkommenschaften übertrafen das Ausgangsmaterial um ca. 60 % in Bezug auf Farbstoffgehalt und Ertrag. Die Stabilität dieser Merkmale muss vor einer Sortenzulassung in

weiteren Versuchen überprüft werden.

Alles in allem haben die Untersuchungen gezeigt, dass durch züchterische Maßnahmen eine beträchtliche Verbesserung des Pflanzenmaterials in qualitativer Hinsicht zu erreichen ist, die sich teilweise auch in höheren Extraktausbeuten und einer verbesserten Färbequalität niederschlägt.

Im Ergebnis der labortechnischen **Extraktionsversuche** mit den o. g. und weiteren aussichtsreichen Pflanzenarten zeigte sich, dass sich die Anforderungen der einzelnen Pflanzenarten an das Extraktionsmittel bzw. -verfahren sehr deutlich unterscheiden. So erwies sich bei Färberwau, Färberhunds kamille und Färberscharte ein Extraktionsmittelgemisch von 50 % Wasser zu 50 % Isopropanol bzw. Äthanol als besonders geeignet. Kanadische Goldrute ergab ausschließlich bei rein wässriger Extraktion brauchbare Färbungen. Bei Zusatz alkoholischer Lösungsmittel werden beträchtliche Mengen Chlorophyll und Lipide mit extrahiert, was die Gleichmäßigkeit der Färbung stark beeinträchtigt. Saflor reagierte von allen Gelbfarbstoffen am wenigsten auf das Lösungsmittel und zeigte bei allen Varianten ein gutes Färbeergebnis. Rainfarn erwies sich für die Lederfärbung als völlig ungeeignet.

Krapp als Rotfarbstoff lässt sich am besten mit Wasser-/Alkoholgemischen extrahieren. Der Farbstoffgehalt im Extrakt steigt proportional mit dem Alkoholanteil im Lösungsmittelgemisch. Verschiedene Vorbehandlungen des Ausgangsmaterials (Häckseln, Mahlen, Fermentieren, Vergären) hatten beträchtlichen Einfluss auf die Extraktausbeute. Bei den Färbungen zeigte sich aber, dass keine Beziehung zwischen dem Gesamtfarbstoffgehalt im Extrakt und der Farbtiefe des gefärbten Leders bestand. Entscheidend für die Qualität der Färbung ist ausschließlich der Alizarinanteil im Extrakt.

Auf Basis der labortechnischen Versuche wurden die besten Varianten ausgewählt und in den kleintechnischen Maßstab übertragen. Als Ergebnis konnten mehrere verkaufsfähige Leder in unterschiedlichen Farbvarianten hergestellt werden. Die Prüfung der Qualitätsmerkmale ergab, dass die Leder in Hinblick auf Reib-, Schweiß- und Lichtechtheit den Anforderungen an Bekleidungs-, Schuhober- und Polstermöbelleder weitgehend entsprachen. Eine weitere Verbesserung lässt sich durch eine Zurichtung mit Erdalkalipigmenten erreichen. Muster der so gefertigten Leder wurden an Lederverarbeiter zur Produkttestung übergeben.

Im Ergebnis des Projektes kann festgestellt werden, dass sich Pflanzenfarben durchaus zur Lederfärbung eignen. Der technologische Ablauf des Färbens entspricht dem der herkömmlichen Lederfärbung, so dass ein eventueller Preisanstieg des Fertigerzeugnisses ausschließlich durch die möglicherweise höheren Farbstoffextraktkosten bedingt sein kann.

5 Literatur

KAISER, R.: Quantitative Analyses of Flavonoids in Yellow Dye Plant Species Weld (*Reseda luteola* L.) and Sawwort (*Serratula tinctoria* L.). *Angew. Bot.* 67 (1993), S. 128 - 131

VETTER, A. et al: Cultivation and Extraction of Natural Dyes for Industrial Use in Natural Textile Production. Abschlussbericht zum EU-Thema (1997)