

Analyse der Populationsstruktur des Bunten Bentheimer Schweins

Abstract

Title of the paper: **Analysis of the population structure of the Black and White Bentheim pig**

The assessment of the present state of the Black-and-White Bentheim pig (Buntes Bentheimer Schwein) is based on an analysis of the inbreeding and coancestry coefficients of 112 breeding animals registered in the year 2003. Pedigree data included 575 individuals from five generations. Pedigrees reached a completeness of about 76%. The average inbreeding coefficient in the actual population was 8.01%. The mean coancestry coefficient was 14.54%. The mean coancestry coefficient within boar and sow lines was higher.

Key Words: Black-and-White Bentheim pig, inbreeding, relationship, boar lines, sow lines

Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Herdbuchpopulation des Bunten Bentheimer Schweins (BB) wurden die Inzucht- und Verwandtschaftsverhältnisse von allen im Jahr 2003 registrierten Zuchttieren ermittelt. Die Basis für die Auswertungen bildeten die Daten des aktuellen Bestandes von 112 Schweinen und deren Vorfahren mit insgesamt 575 Individuen. Die Vollständigkeit der Pedigrees betrug etwa 76%. Der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient der aktuellen Population lag bei 8,01%. Der mittlere Verwandtschaftskoeffizient zwischen den Tieren der aktuellen Herdbuchpopulation betrug 14,54%. Innerhalb der Eber- und Sauenlinien waren die Verwandtschaftskoeffizienten durchweg höher.

Schlüsselwörter: Buntes Bentheimer Schwein, Inzucht, Verwandtschaft, Eberlinien, Sauenlinien

1. Einleitung

In der Schweinezucht geht der Trend zu fettarmen Schweinen mit geringer Rückenspeckdicke, hohem Wachstumspotential und ausreichend intramuskulären Fettgehalt. Diesem Trend entsprechend folgte eine Anpassung der Zuchtziele für die einzelnen Schweinerassen wie auch die Verschiebung der Rassenziele auf dem deutschen Markt insgesamt. So waren die typischen fettreichen Rassen Weideschwein, Cornwall, Berkshire und Rotbunte Husumer Schweine in den deutschen Herdbüchern ab 1985 nicht mehr vertreten, während die 1955 noch nicht eingetragenen fettarmen und zugleich fleischreichen Rassen Pietrain und Landrasse-Sauenlinie 80 % der registrierten Herdbuchtiere 1990 ausmachten (GLODEK, 1992). Zu den stark zurückgedrängten fettreichen Rassen gehört auch das Bunte Bentheimer Schwein. Es entstand im südwestlichen Niedersachsen durch die Einkreuzung von englischen Schweinerassen (Berkshire und Cornwall) in die damals vorherrschenden Landschweinerasse und etablierte sich dort zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Aufgrund des uneinheitlichen Tiermaterials gelang es den Züchtern der Rasse erst ab 1950, ihre Tiere in den offiziellen Herdbüchern für die Landkreise Grafschaft Bentheim und Cloppenburg zu platzieren (HERMELING, 1957). Es folgte den Entwicklungen des Marktes entsprechend der Niedergang der Rasse, der mit dem Verschwinden aus den Herdbüchern 1963 vorerst endete (ZWICK, 1991). Danach arbeitete nur noch der Züchter Schulte-

Bernd mit der Rasse auf dem Niveau eines Herdbuchbetriebes weiter. Im Verlaufe von 25 Jahren wurden hier lediglich vier Eber anderer Rassen in die Zucht einbezogen. Dies waren zwei Pietrain Eber, ein Eber der Belgischen Landrasse und ein gefleckter Eber ohne Abstammungsnachweis. Die Wiederbelebung der Rasse Bunte Bentheimer Schweine erfolgte im Jahre 1988 in Niedersachsen durch die Aufnahme von vier Ebern und 23 Sauen dieser Rasse aus dem Betrieb des Züchters Schulte-Bernd in das Osnabrücker Herdbuch (GLODEK, 2000; ZWICK, 1991). Dank intensiver Bemühungen ist diese Rasse seit dieser Zeit wieder im Niedersächsischen Herdbuch und inzwischen ebenfalls in Nordrhein-Westfalen und Hessen vertreten. Im Jahre 2003 waren folgende Organisationen für die Führung der Herdbücher verantwortlich: Niedersachsen: Niedersächsische Erzeugergemeinschaft für Zuchtschweine (NEZ), Nordrhein-Westfalen: Zuchtverband Nord-West (ZNW), Hessen: Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft, Gartenbau und Naturschutz (HDLGN). Dennoch trägt die Rasse weiterhin den Status einer extrem gefährdeten Schweinerasse (SAMBRAUS, 2001; HÖRNING, 1997). Ihrer Förderung und Erhaltung haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Organisationen angenommen. So findet die Arbeit der Züchter vor Ort die finanzielle Unterstützung des Landes Niedersachsen. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit der NEZ, welche das niedersächsische Herdbuch führt. Ein eigens 2003 gegründeter Förderverein mit dem Namen „Verein zur Erhaltung des Bunten Bentheimer Schweins e.V.“ soll in Zukunft die gezielte Koordinierung der Zucht- und Vermarktungsarbeit gewährleisten. Ein Versuch zur Nutzung von Bunten Bentheimer Sauen (BB) in systematischen Gebrauchskreuzungen mit weißen Mutterrassen (Deutsche Landrasse, DL; Deutsches Edelschwein, DE) und Pietrain/Pietrain-Hampshire Ebern zeigte, dass die vermarkteten Mastschweine aus dieser Kreuzung mit etwa 8 DM je Mastschwein den marktüblichen Hybridschweinen unterlegen waren. In regionalen Qualitätsprogrammen unter extensiven Mastbedingungen hätten die Dreirassenkreuzungsprodukte aus F₁ BB x DL/DE Sauen mit den Pietrainebern vermutlich deutlich besser abgeschnitten (CHAINETR et al., 2002).

Die vorliegende Arbeit analysiert die genetische Basis des aktuellen Tierbestandes mit dem Ziel, eine Verbesserung der Zuchtarbeit zu ermöglichen. So werden anhand der Ergebnisse die bisherigen züchterischen Bemühungen zur Vermeidung der Inzucht bewertet und daraus neue Strategien entwickelt. Des Weiteren wird die bisherige Praxis der Linieneinteilung auf ihre Tauglichkeit überprüft und auch hier durch Vorschläge für eine zukünftige Handhabung ergänzt.

2. Material und Methoden

Material

Grundlage der Untersuchungen sind die Daten der im Jahre 2003 bei den jeweiligen Zuchtorganisationen, der NEZ, dem ZNW und dem HDLGN gemeldeten Zuchttiere der Rasse Bunte Bentheimer Schweine (HB/03). Von den insgesamt 112 registrierten Tieren wurden 16 Eber und 75 Sauen, also 91 Tiere bei der NEZ geführt. Beim ZNW wurden sechs Eber und 12 Sauen, also 18 Tiere und beim HDLGN ein Eber und zwei Sauen registriert.

Für die Berechnung von populationsgenetischen Kennziffern wurden alle verfügbaren Abstammungsinformationen eingearbeitet. Der Großteil des Materials stammte hierbei aus Unterlagen der NEZ, die alle verfügbaren Stammkarten der seit 1988 registrierten

Tiere zu Verfügung gestellt hatte. Weitere Daten übermittelten die beiden übrigen Zuchtverbänden sowie einzelne Züchter.

Die Berechnungen basieren auf den Daten von insgesamt 575 Tieren, von denen 126 männlich und 445 weiblich waren. Insgesamt konnten 291 Tiere aktuell registrierten Zuchtbetrieben und 223 Tiere mittlerweile aus dem Herdbuch ausgeschiedenen Betrieben zugeordnet werden. 18 Tiere standen in Betrieben, die bislang nicht registriert waren. Bei 43 Tieren war keine Angabe über den Status des Halters mehr verfügbar. Zusätzlich wurden die Daten von 15 Tieren verwendet, deren Herkunft und Herdbuchstatus unbekannt waren. Eine Übersicht über die Datenstruktur sowie die Verteilung von Eber- und Sauenlinien geben die Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1

Überblick über die Verteilung der analysierten Bunten Bentheimer Schweine (Distribution of Black-and-White Bentheim pigs analysed)

Tiergruppe	Tierzahl
Tiere insgesamt	575
Männliche insgesamt	126
Weibliche insgesamt	449
Gesamtherdbuchpopulation 2003 (HB/03)	112
Männliche in HB/03	23
Weibliche in HB/03	89
In Niedersachsen registrierte Tiere in HB/03	91
In Nordrhein-Westfalen registrierte Tiere in HB/03	18
In Hessen registrierte Tiere in HB/03	3

Tabelle 2

Überblick über die Verteilung der Eber- und Sauenlinien (Survey of the distribution of boar and sow lines)

Eberlinie	Eber insgesamt	Eber in HB/03
F	8	-
H	64	10
K	29	7
S	17	5
Unbekannt	8	1
Sauenlinie	Sauen insgesamt	Sauen in HB/03
A	30	8
B	126	12
F	51	23
K	137	30
N	41	13
O	52	1
Unbekannt	12	2

Methoden

Allen beschriebenen Berechnungen liegt die Berücksichtigung von 5 Ahnengenerationen zu Grunde. Dabei konnte eine mittlere Vollständigkeit von 76,39% erreicht werden. Weitere zurückliegende Generationen konnten nicht mehr berücksichtigt werden, da offizielle Abstammungsdokumente erst ab 1988 vorlagen.

Mit Hilfe der ermittelten Pedigrees wurden die in fünf Ahnengenerationen am häufigsten vertretenen Elterntiere bestimmt. Hierbei wurde nach Vätern und Müttern unterschieden.

Anhand der Geburtsdaten wurden die durchschnittlichen Generationsintervalle zwischen der Herdbuchpopulation 2003 sowie deren Eltern und Großeltern berechnet.

Daneben wurde untersucht, wie sich die Gesamtanteile der registrierten Ahnen auf die Nachkommen im Herdbuch verteilen.

Die Schätzung der Inzucht- (F_1) und Verwandtschaftskoeffizienten (R_1) erfolgte durch die Methode von Wright (FALCONER, 1984), die Berechnungen zur Ergänzung der Pedigrees auf 100%ige Vollständigkeit und der daraus resultierenden Inzuchtkoeffizienten (F_2) nach SCHMIDT (1992). Die Zugehörigkeit zu den verschiedenen Eberlinien richtet sich bei den Bunten Bentheimern nach dem Anfangsbuchstaben des Vaters, die bei den Sauenlinien nach dem Anfangsbuchstaben der Mutter. Darüber hinaus wurden die Hauptverursacher von Inzucht bei den Ebern und Sauen ermittelt.

Die Inzuchtrate ΔF_1 gibt den durchschnittlichen Inzuchtzuwachs bezogen auf die vorangegangenen vier Generationen an. ΔF_2 drückt diesen Zuwachs korrigiert durch den Vollständigkeitsindex nach SCHMIDT et al. (1993) aus. Daneben stellt ΔF_3 den Zuwachs an Inzucht von den Eltern auf die aktuelle Herdbuchpopulation (im Jahre 2003 registrierte Tiere) dar. ΔF_4 korrigiert dieses Ergebnis wiederum um den Vollständigkeitsindex. Auf der Grundlage dieser Werte wurde anschließend jeweils die effektive Populationsgröße N_e ($\Delta F_i = 1/(2N_e)$) und daraus $N_e = 1/(2\Delta F_i)$ ermittelt. Sie beschreibt die Größe einer Population, die bei einem Paarungsverhältnis von 1:1, gleicher Nachkommenzahl und Zufallsanpaarung denselben Inzuchtzuwachs aufweisen würde wie die untersuchte Population (FALCONER, 1984).

Für die Analyse der Pedigreedaten zur Untersuchung der betrachteten Tiergruppen wurde das an der Tierärztlichen Hochschule Hannover entwickelte EDV-Programm OPTI-MATE, Version 3.8.1 (WREDE und SCHMIDT, 2003) genutzt.

3. Ergebnisse

Häufigkeit der Elterntiere

Die Untersuchung der Häufigkeit einzelner Väter innerhalb von fünf Ahnengenerationen zeigte, dass insgesamt 3472 Nennungen auf 67 bekannte Eber verteilt waren. Dabei machten allein vier Eber einen Anteil der Nennungen von etwa 25% aus. Diese Summe wurde durch nur zwei weitere Tiere auf über ein Drittel ergänzt. Der Anteil von mehr als 50% an den Erwähnungen als Väter wurde mit insgesamt 12 bekannten Ebern erreicht (Tab. 3).

Tabelle 3

Häufigkeiten der Väter der Herdbuchpopulation 2003 und Auflistung der 12 häufigsten Nennungen (Frequency of sires of the herdbook population in 2003 and the 12 most frequently used boars)

Tiernummer	Name	Anzahl der Nennungen	Anteil der Nennungen in %	Summation der Anteile in %
802	Hans	250	7,20	7,20
803	Kurt	244	7,03	14,23
800	Felix	182	5,24	19,47
812	Hannes	181	5,21	24,68
32258	Hanno	181	5,21	29,89
801	Henry	132	3,80	33,69
808	Harry	128	3,69	37,38
10	Frisch	110	3,17	40,55
97659	Hell	101	2,91	43,46
32182	Fritz	90	2,59	46,05
842	Hannbless	84	2,42	48,47
17659	(unbekannt)	83	2,39	50,86

Bei der Untersuchung der Muttertiere bezogen auf 5 Ahnengenerationen konnten 103 bekannte Sauen als Mütter identifiziert werden. Davon konnten allein sechs Tiere ein Viertel der Nennungen auf sich vereinen (Tab. 4). Insgesamt ergänzten 22 bekannte Muttertiere den Anteil der weiblichen Vorfahren auf mehr als 50%.

Tabelle 4

Häufigkeiten der Mütter der Herdbuchpopulation 2003 und Auflistung der neun häufigsten Nennungen (Frequency of dams of the herdbook population in 2003 and the 8 most frequently registered dams)

Tiernummer	Name	Anzahl der Nennungen	Anteil der Nennungen in %	Summation der Anteile in %
5002	Orta	254	7,32	7,32
5003	Krummi	135	3,89	11,21
5055	Blessi	129	3,72	14,93
5025	Bertag	128	3,69	18,62
5007	Bergruf	112	3,23	21,85
706	SS Norwo	94	2,71	24,56
5032	Birte	78	2,25	26,81
5031	Freude	76	2,19	29,00

Generationsintervall und Verteilung der Nachkommenschaft

Das Generationsintervall für die Eltern- und Großelterngeneration betrug im Durchschnitt für alle Pfade 1329 Tage (3,64 Jahre). Für die aktuelle Herdbuchpopulation lag das Generationsintervall bei 1285 Tagen (3,52 Jahre) (Tab. 5).

Tabelle 5

Generationsintervall in Tagen bezogen auf die aktuelle Herdbuchpopulation (Generation interval in days referring to actual herdbook population in 2003)

Pfad	Minimalintervall in Tagen	Maximalintervall in Tagen	Durchschnittsintervall in Tagen
P → E	295	3431	1285
E → GE	313	3306	1329
P → V	277	3462	1131
P → M	313	3399	1438
V → VV	260	3292	1093
V → VM	350	3070	1610
M → MV	303	3462	1127
M → MM	338	3399	1484

P = Population HB/03

E = Eltern

GE = Großeltern

V = Vater

M = Mutter

VV = Vaters Vater

VM = Vaters Mutter

MV = Mutters Vater

MM = Mutters Mutter

Die Untersuchung auf die Nutzung der Nachkommen zeigte, dass 55,3% der ehemaligen Zuchttiere aus registrierten Betrieben wiederum Zuchttiere im Herdbuch als Nachkommen zuzuordnen waren. Von den Zuchttieren aus mittlerweile ausgeschiedenen Betrieben konnten nur 35,9% mit Nachkommen im Herdbuch in Verbindung gebracht werden.

Inzuchtkoeffizienten

Der mittlere Inzuchtkoeffizient der aktuellen Herdbuchpopulation lag bei 8,01%, wobei die Eber mit 8,48% im Mittel einen höheren Wert aufwiesen als die Sauen mit 7,89% (Tab. 6). Bei neun Tieren mit einem Inzuchtkoeffizienten von Null verfügten drei Tiere über keinerlei Ahneninformationen. Jeweils ca. 1/3 der Tiere hatte einen Inzuchtkoeffizienten von 0-5% bzw. 5-10%.

Tabelle 6

Durchschnittliche Inzuchtkoeffizienten (F_1) und deren Verteilung (in Prozent) (Average inbreeding coefficients (F_1) and their distribution (in per cent))

Inzuchtkoeffizient	HB/03	Eber in HB/03	Sauen in HB/03
F_1 (%)	8,01 ± 6,66	8,48 ± 6,48	7,89 ± 6,70
F_1^* (%)	8,23 ± 6,62	8,87 ± 6,36	8,07 ± 6,67
F_2 (%)	10,49	10,89	10,39
$F_1 = 0,0$	8,04	4,35	8,99
$0,001 \leq F_1 \leq 5,0$	36,61	34,79	37,09
$5,001 \leq F_1 \leq 10,0$	33,04	26,09	34,83
$10,001 \leq F_1 \leq 15,0$	15,18	21,74	13,48
$15,001 \leq F_1 \leq 20,0$	11,61	13,04	11,24
$20,001 \leq F_1 \leq 25,0$	0,89	4,35	-
$F_1 > 25,0$	2,68	-	3,37
$F_1 = 0,0^*$	5,50	-	6,90
Maximum F_1 (%)	31,25	23,44	31,25

F_1 : Inzuchtkoeffizient bezogen auf 5 Ahnengenerationen
 F_1^* : ohne Tiere mit fehlenden Abstammungsinformationen
 $F_1 = 0,0^*$: ohne Tiere mit fehlenden Abstammungsinformationen
 F_2 : Inzuchtkoeffizient unter Berücksichtigung des Vollständigkeitsindex
 HB/03 : aktuelle Herdbuchpopulation 2003

Unter Berücksichtigung des Vollständigkeitsindex wurde für die aktuelle Herdbuchpopulation ein mittlerer Inzuchtkoeffizient von $F_2 = 10,49\%$, für die Eber von $F_2 = 10,89\%$ und für die Sauen von $F_2 = 10,39$ geschätzt.

Die drei Tiere mit den höchsten Inzuchtkoeffizienten waren Sauen, die aus unterschiedlichen Betrieben stammten und drei verschiedenen Sauenlinien (N, F, B) angehörten. Sie stammten aus den Geburtsjahren 1999 bis 2001. Der Hauptverursacher von Inzucht der aktuellen Herdbuchpopulation war der Eber „Kurt“, der jeweils rund 25% der geschätzten Inzuchtzunahme bei den Ebern wie den Sauen verursacht hatte. Daneben war der Eber „Hannes“ zu ca. 12% an der geschätzten Inzuchtzunahme der Eber und zu ca. 8% bei den Sauen beteiligt. Die Sau „Nena“ verursachte bei den Ebern ca. 10% der Inzuchtzunahme, der Eber „Hanno“ bei den Sauen weitere 8% der Inzuchtzunahme. Die Übereinstimmung in zwei der jeweils drei Hauptverursacher auf Seiten der Eber und Sauen zeigt, dass in der Vergangenheit gleichfalls bei Ebern wie Sauen die Inzucht durch den Einsatz ganz bestimmter Zuchttiere geprägt war. Hierbei stammen die beiden Eber „Kurt“ und „Hannes“ wie auch die übrigen Tiere „Hanno“ und „Nena“ mit Geburtsjahren zwischen 1986 und 1991 aus der Zeit des Neubeginns der Herdbuchzucht in Niedersachsen.

Die separate Betrachtung der Eber und Sauen innerhalb der Population HB/03 lässt erkennen, dass die Gruppe der Eber über einen höheren durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten verfügt als die Gruppe der Sauen. Zurückzuführen sind die höheren Inzuchtkoeffizienten der Eber auf die geringere Zahl der verwendeten Ahnen in den vorangegangenen fünf Generationen. So wurden bei der Gruppe der Eber 58 verschiedene bekannte Väter und 79 verschiedene bekannte Sauen in den Pedigrees ermittelt. Demgegenüber stehen bei der Gruppe der Sauen 67 verschiedene bekannte Vater- und 103 verschiedene bekannte Muttertiere.

Die Untersuchung der Ebergruppe zeigte, dass die Linien S und H mit mittlerem Inzuchtkoeffizienten von 6,25% und 8,11% unterhalb des Durchschnitts der Eber lagen. Bei beiden Linien hatten 40% der Tiere Inzuchtkoeffizienten von unter 5%. Die Linie K hingegen lag mit einem durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten von 11,83% deutlich oberhalb des Durchschnitts der Eber. Hier erreichten lediglich 15% der Tiere In-

zuchtcoeffizienten von unter 5% (Tab. 7). Der Hauptverursacher des Inzuchtanstiegs in dieser Linie ist der Eber Kurt mit einem Anteil von 36,32%.

Tabelle 7

Durchschnittliche Inzuchtcoeffizienten (F_1) innerhalb der Eberlinien der aktuellen Herdbuchpopulation sowie deren Verteilung (in Prozent), keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation (Average inbreeding coefficients (F_1) for boar lines of the actual herdbook population and their distribution (in per cent), animals without pedigree information were not regarded)

Inzuchtcoeffizient	H	K	S
F_1	8,11 ± 5,89	11,83 ± 7,02	6,25 ± 4,42
$F_1 = 0,0$	0,0	0,0	0,0
$0,001 \leq F_1 \leq 5,0$	40,00	14,29	40,00
$5,001 \leq F_1 \leq 10,0$	30,00	28,58	20,00
$10,001 \leq F_1 \leq 15,0$	10,00	28,58	40,00
$15,001 \leq F_1 \leq 20,0$	20,00	14,29	-
$20,001 \leq F_1 \leq 25,0$	-	14,29	-
$F_1 > 25,0$	-	-	-
Maximum F_1	19,34	23,44	11,33

Tabelle 8

Durchschnittliche Inzuchtcoeffizienten (F_1) innerhalb der Sauenlinien der aktuellen Herdbuchpopulation sowie deren Verteilung (in Prozent), keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation (Average inbreeding coefficients (F_1) for sow lines of the actual herdbook population and their distribution (in per cent), animals without pedigree information were omitted)

Inzuchtcoeffizient	A	B	F	K	N	O
F_1	4,10 ± 2,82	6,79 ± 8,16	8,24 ± 5,61	6,92 ± 4,13	14,01 ± 9,25	7,42 ± 0,00
$F_1 = 0,0$	-	25,00	-	-	23,08	-
$0,001 \leq F_1 \leq 5,0$	50,00	58,32	21,74	40,00	23,08	-
$5,001 \leq F_1 \leq 10,0$	50,00	16,66	52,17	33,33	15,38	100
$10,001 \leq F_1 \leq 15,0$	-	16,66	21,74	16,66	-	-
$15,001 \leq F_1 \leq 20,0$	-	-	-	10,00	53,84	-
$20,001 \leq F_1 \leq 25,0$	-	-	-	-	-	-
$F_1 > 25,0$	-	8,33	4,35	-	7,69	-
Maximum F_1	8,59	29,69	30,08	15,23	31,25	7,42

Tabelle 9

Durchschnittliche Inzuchtcoeffizienten (F_1) und deren Verteilung (in Prozent) getrennt nach Bundesländern, keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation (Average inbreeding coefficients (F_1) and their distribution (in per cent), separately for federal countries, animals without pedigree information were not regarded)

Inzuchtcoeffizient	Niedersachsen	Nordrhein- Westfalen	Hessen
F_1	8,60 ± 6,85	5,81 ± 5,16	9,18 ± 0
$F_1 = 0,0$	3,30	20,00	-
$0,001 \leq F_1 \leq 5,0$	32,98	53,33	-
$5,001 \leq F_1 \leq 10,0$	36,26	6,67	100
$10,001 \leq F_1 \leq 15,0$	13,19	33,33	-
$15,001 \leq F_1 \leq 20,0$	13,19	6,67	-
$20,001 \leq F_1 \leq 25,0$	1,10	-	-
$F_1 > 25,0$	3,30	-	-
Maximum F_1	31,25	16,80	9,18

Bei den Sauen lagen die Linien F und N oberhalb des mittleren Inzuchtcoeffizienten (Tab. 8). Bei der Linie N wiesen mehr als 50% der Tiere einen Inzuchtcoeffizienten von 15 bis 20% auf. Als Verursacher von mehr als der Hälfte der Inzuchtbindungen innerhalb dieser Linie konnte wiederum der Eber Kurt identifiziert werden. In der Li-

nie B waren 31% und der Linie N 23% der Tiere mit Inzuchtkoeffizienten von Null vertreten. Hierbei handelte es sich meist um Tiere mit sehr geringem Vollständigkeitsindex. In allen anderen Linien waren keine Tiere mit einem Inzuchtkoeffizienten von Null vorhanden.

Der Vergleich der Tiere zwischen den drei beteiligten Bundesländern zeigte das Unterschreiten der Durchschnittswerte durch die Tiere in Nordrhein-Westfalen mit einem Inzuchtkoeffizienten von 5,81%. Die niedersächsischen Tiere bewegten sich mit 8,60% in der Nähe des Durchschnitts, während die drei hessischen Tiere jeweils einen Inzuchtkoeffizienten von 9,18% aufwiesen. In Niedersachsen wurde der Maximalwert mit 31,25% geschätzt (Tab. 9).

Inzuchtzunahme

Der durchschnittliche Inzuchtzuwachs betrug bezogen auf 5 Ahnengenerationen 2% und unter Berücksichtigung des Vollständigkeitsindex 2,62% (Tab. 10). Daraus resultierte eine effektive Populationsgröße von 24,97 bzw. 19,08 Tieren. Die Zunahme der Inzucht von den Eltern auf die Probandengeneration ergab einen Wert von 1,75%. Die effektive Populationsgröße lag hier bei 28,55 Tieren.

Tabelle 10

Inzuchtraten (ΔF_{1-4}) und effektive Populationsgröße (N_e) (Rate of inbreeding (ΔF_{1-4}) and effective population size (N_e))

Inzuchtrate	HB/03	N_e
ΔF_1 (%)	2,00	24,97
ΔF_2 (%)	2,62	19,08
ΔF_3 (%)	1,75	28,55
ΔF_4 (%)	1,71	29,25

Tabelle 11

Durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizienten (R) und deren Verteilung (in Prozent) innerhalb der Herdbuchpopulation 2003 (Average relationship coefficients (R) and their distribution (in per cent) for the actual herdbook population in 2003)

Verwandtschaftskoeffizient	Gesamt HB/03	Eber	Sauen
R	14,54 ± 12,53	14,87 ± 12,68	14,29 ± 12,27
R*	15,30 ± 12,39	16,18 ± 12,46	14,92 ± 12,15
R = 0,0	7,29	7,91	7,20
R = 0,0*	2,34	0,00	3,07
0,001 ≤ R ≤ 10,0	35,34	31,23	35,98
10,001 ≤ R ≤ 20,0	35,20	39,92	34,98
20,001 ≤ R ≤ 30,0	11,94	10,28	12,33
30,001 ≤ R ≤ 40,0	4,57	4,35	4,32
40,001 ≤ R ≤ 50,0	2,70	2,37	2,53
50,001 ≤ R ≤ 60,0	1,79	2,77	1,58
R > 60,0	1,17	1,19	1,07
Maximum R	69,73	69,14	69,14

R* : keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation

R=0,0* : keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation

Verwandtschaftskoeffizienten

Der durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizient betrug 14,54% mit einer Spannweite von 0% bis 69,73% (Tab. 11). Die zweigipfelige Verteilung zeigte einen Peak unterhalb von 10% und zwischen 10% und 20%. Hier sind jeweils gut 1/3 der Verwandtschaftskoeffizienten zu finden. Die Betrachtung der Verwandtschaft innerhalb der

Eber- und Sauengruppe zeigte annähernd gleich hohe Verwandtschaftskoeffizienten wie in der gesamten Herdbuchpopulation. Nach Entfernung der 3 Tiere ohne Abstammungsinformationen stieg der Verwandtschaftskoeffizient auf 15,30%. Der Wert für die Sauengruppe stieg dadurch auf 14,92% und der der Ebergruppe auf 16,18%.

Die mittleren Verwandtschaftskoeffizienten der Eberlinien waren mit mittleren Werten von 18,96% bis 24,83% höher als der mittlere Verwandtschaftskoeffizient aller Eber zueinander mit einem Wert von 16,18% (Tab. 12). Die Linien S und K zeigten mit 19,70% höhere mittlere Verwandtschaftskoeffizienten als die übrigen Kombinationen der Linien. Die Analyse der Sauenlinien ergab ebenfalls höhere Verwandtschaftskoeffizienten innerhalb der Linien (17,55% bis 41,74%) als der Gesamtmittelwert aller Sauen zueinander mit 14,92%. Zwischen den Linien lagen die vier Kombinationen N mit O, A mit F, K mit O und K mit N oberhalb des Durchschnitts. Die verbleibenden elf Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Linien lagen unterhalb des Durchschnitts (Tab. 13) und verfügten somit über weniger enge verwandtschaftliche Beziehungen.

Tabelle 12

Durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizienten innerhalb und zwischen den Eberlinien der Herdbuchpopulation 2003 (Average relationship coefficients within and between boar lines of the actual herdbook population in 2003)

Linie	H	K	S
H	18,96 ± 14,44	12,67 ± 8,17	11,18 ± 7,42
K		24,83 ± 17,30	19,70 ± 11,83
S			22,72 ± 17,17

Die Untersuchung der Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der einzelnen Bundesländer ergab, dass innerhalb der Einzelpopulationen eine engere Verwandtschaft zueinander bestand als zwischen allen Tieren der aktuellen Herdbuchpopulation mit einem mittleren Wert von 15,55%. So erreichte der durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizient für die Tiere des niedersächsischen Herdbuchs einen Wert von 16%, während die nordrhein-westfälischen Tiere mit 22,01% noch von der hessischen Tiergruppe übertroffen wurden (27,60%).

Tabelle 13

Durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizienten innerhalb und zwischen den Sauenlinien der Herdbuchpopulation 2003 (Average relationship coefficients within and between sow lines of the herdbook population in 2003)

Linie	A	B	F	K	N	O
A	25,49 ± 15,24	10,51 ± 5,25	17,19 ± 8,66	9,70 ± 5,08	7,42 ± 5,95	10,55 ± 11,13
B		17,55 ± 17,28	10,21 ± 5,36	13,62 ± 9,86	11,98 ± 7,92	12,32 ± 7,83
F			31,92 ± 13,04	11,89 ± 6,38	5,31 ± 4,21	8,37 ± 9,95
K				19,63 ± 14,44	15,75 ± 10,24	16,76 ± 8,01
N					41,74 ± 19,08	27,51 ± 8,62

Bei der Betrachtung der Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den einzelnen Herdbuchpopulationen zeigte sich, dass die niedersächsischen Tiere mit denen aus Nordrhein-Westfalen am wenigsten (12,58%) und die Tiere aus Nordrhein-Westfalen mit denen aus Hessen (16,05%) am stärksten verwandt waren (Tab. 14).

Tabelle 14

Durchschnittliche Verwandtschaftskoeffizienten der aktuellen Herdbuchpopulation getrennt nach Bundesland, keine Berücksichtigung von Tieren ohne Abstammungsinformation (Average relationship coefficients of the actual herdbook population in 2003 by federal countries, animals without pedigree information were disregarded)

Herdbuch	Niedersachsen (NDS)	Nordrhein-Westfalen (NRW)	Hessen (HE)
NDS	16,00 ± 12,74	12,58 ± 10,22	15,65 ± 9,73
NRW		22,01 ± 20,42	16,05 ± 12,77
HE			27,60 ± 22,33

Neben der Verwandtschaft der Tiere innerhalb der Herdbuchpopulation 2003 wurde die Verwandtschaft der Tiere der HB/03-Gruppe zu den ehemaligen Tieren aus den registrierten Betrieben sowie denjenigen aus mittlerweile ausgeschiedenen Betrieben untersucht. Die Verwandtschaft zu den Tieren aus registrierten Betrieben lag hier mit einem durchschnittlichen Wert von 12,78% höher als bei der Verwandtschaft zu den Tieren aus ausgeschiedenen Betrieben mit 10,26% (Tab. 15).

Tabelle 15

Verwandtschaftskoeffizienten (R) und deren Verteilung (in Prozent) zwischen der aktuellen Herdbuchpopulation (HB/03) sowie Tieren aus registrierten bzw. ausgeschiedenen Betrieben (Average relationship coefficient (R) between breeding animals registered in the actual herdbook population of 2003 and animals from registered pig farms and pig farms)

Verwandtschaftskoeffizient	HB/03 zu Tieren aus registrierten Betrieben	HB/03 zu Tieren aus ausgeschiedenen Betrieben
R	12,78 ± 10,71	10,26 ± 8,51
R = 0,0	8,60	9,95
0,001 ≤ R ≤ 10,0	38,72	46,26
10,001 ≤ R ≤ 20,0	33,27	31,48
20,001 ≤ R ≤ 30,0	12,49	9,80
30,001 ≤ R ≤ 40,0	4,18	1,71
40,001 ≤ R ≤ 50,0	1,54	0,46
50,001 ≤ R ≤ 60,0	0,84	0,26
R > 60,0	0,35	0,09
Maximum R	80,37	81,25

4. Diskussion

Frequenzen der Elterntiere

Die Ergebnisse dieser Untersuchung tragen deutlich dem historischen Kontext Rechnung, in dem die Neuregistrierung der Rasse Bunte Bentheimer ab dem Jahr 1988 zu sehen ist. Zu diesem Zeitpunkt wurde nach über dreißig Jahren ohne Herdbuch eine Zahl von Tieren aufgenommen, deren Herkunft sich auf lediglich einen Betrieb und wenige Elterntiere beschränkte. Dementsprechend lassen sich die Tiere der aktuellen Herdbuchpopulation 2003 auf wenige besonders häufig vertretene Vater- und Muttertiere zurückführen. Daneben fällt ein Defizit an Ahneninformationen ins Gewicht, das von der mangelnden Dokumentation der Zuchttiere während der Zeit vor 1988 herührt.

Generationsintervall und Verteilung der Nachkommen

Der durchschnittliche zeitliche Abstand zwischen den Geburtsdaten der Tiere der Herdbuchpopulation 2003 und ihrer Elterntiere liegt mit 3,5 Jahren in einem Bereich, in dem eine züchterische Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Zuchttieres durch

umfangreiche Informationen untermauert werden kann. Diese betreffen sowohl die Leistung der Elterntiere als auch die erkennbaren Potenziale der Nachkommen. Bei dem ermittelten Minimum von rund 300 Tagen, also dem ersten Wurf, ist eine zuverlässige Beurteilung der Leistungsfähigkeiten allerdings zweifelhaft. Bei einem Maximum von rund 3500 Tagen oder 9,5 Jahren stellt sich die Frage, ob diese offensichtlich leistungsfähigen, weil lange in der Zucht erhaltenen Elterntiere eventuell überproportional mit ihren Nachkommen in die Zucht eingegangen sind. Um hier einen Überblick zu erhalten, wurde eine Prüfung auf Nachkommen im Herdbuch bei sämtlichen in die Berechnungen einbezogenen Tieren durchgeführt. Diese ergab, dass in den heute registrierten Betrieben nur gut die Hälfte aller Zuchttiere genutzt wurden, um neue Generationen von Zuchttieren zu produzieren. Von den Tieren aus ausgeschiedenen Betrieben konnten nur gut ein Drittel ihre Nachkommen im Herdbuch platzieren. Dies legt eine deutliche Ungleichheit in der Verteilung der Herdbuchnachkommen bzw. der Nutzung der Elterntiere für die Zuchterhaltung nahe. Die Verschwendung von züchterischem Material und die weitere Verengung der genetischen Grundlage der Rasse ist die Konsequenz einer derartigen Arbeitsweise.

Inzucht

Der mittlere Inzuchtkoeffizient der aktuellen Herdbuchpopulation der Bunten Bentheimer Schweine lag unter Einbeziehung von 5 Ahnengenerationen bei 8,01%. Zum Vergleich wurden Berechnungen zu ähnlich gefährdeten Schweinerassen wie beispielsweise den Sattelschweinen in Deutschland (DGfZ, 1992) oder isolierten Populationen wie einer Herde Göttinger Miniaturschweine in Dänemark (BRANDT und MÖLLERS, 1999) herangezogen. Für die Sattelschweinerassen in Deutschland lag der 1996 ermittelte durchschnittliche Inzuchtkoeffizient bei 4,17% unter Einbeziehung von 5 Ahnengenerationen. Der mittlere Inzuchtkoeffizient der Angler Sattelschweine lag bei 2,06%, der deutschen Sattelschweinen bei 3,07% sowie der Schwäbisch Hällischen Schweine bei 4,80% (MATHES, 1996). Nach Ergänzung auf 100%ige Vollständigkeit der Pedigrees wurde für die aktuelle Herdbuchpopulation der Bunten Bentheimer Schweine ein mittlerer Inzuchtkoeffizient von 10,49% erreicht. Die Sattelschweinerassen dagegen erzielten nach entsprechender Ergänzung einen mittleren Inzuchtkoeffizienten von 4,58% für alle Probanden. Im Einzelnen wurden Inzuchtkoeffizienten von 2,26% für die Angler Sattelschweine, 3,07% für die Deutschen Sattelschweine und 6,08% für die Schwäbisch Hällischen Schweine ermittelt.

Eine entsprechende Berechnung innerhalb einer seit 1992 geschlossenen geführten Population von Göttinger Miniaturschweinen führte unter Einbeziehung aller verfügbaren Abstammungsinformationen ab dem Jahr 1970 zu einem durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten von ca. 10% (BRANDT und MÖLLERS, 1999).

Im Vergleich dazu konnten für das Hinterwälder Rind mit einem Populationsumfang von ca. 1300 Tieren und fünf Ahnengenerationen ein mittlerer Inzuchtkoeffizient von 0,4 bis 1% in den verschiedenen Untergruppierungen nach Bullen, Milchkühen und Mutterkühen ermittelt werden (BIEDERMANN et al., 2003). Dagegen betrug der mittlere Inzuchtkoeffizient für das Vorderwälder Rind mit einer aktuellen Zuchtpopulation von 5452 Tieren 1,42% (BIEDERMANN et al., 2004). Daraus wird deutlich, dass das Zuchtmanagement zur Vermeidung von Inzucht entscheidend ist und weniger die absolute Populationsgröße. Auch bei großen Populationsumfängen kann der Inzuchtkoeffizient deutlich ansteigen, wenn nur wenige Vatertiere und deren Söhne massiv eingesetzt werden. Dies zeigen u.a. Untersuchungen an amerikanischen Holstein

Friesian und Jersey Rindern (CASSEL et al., 2002a,b) und den dänischen Milchviehrassen Holstein Friesian, Jersey und Rotes Dänisches Milchrind (SØRENSEN et al., 2005).

Um in Zukunft eine gezielte Inzuchtminimierung praktizieren zu können, wurde auf Wunsch des Fördervereins für das Bunte Bentheimer Schwein auf der Basis der Ergebnisse vorliegender Berechnungen ein Anpaarungsplan für die Tiere der Herdbuchpopulation 2003 erstellt. In diesem Zuchtplan wurde jedes weibliche Zuchttier gesondert betrachtet und anschließend die Anpaarung mit dem oder den betriebseigenen Ebern beurteilt. Zusätzlich wurden die drei bis vier günstigsten und ungünstigsten Anpaarungspartner angeführt. In Hinblick auf die Anpaarungen der zweiten Jahreshälfte 2003 konnten die Mitglieder des Fördervereins auf diese Informationen zurückgreifen und ihre Zuchtbemühungen dementsprechend ausrichten. Daneben soll zur Minimierung der zukünftigen Inzuchtrate eine Steigerung der Eberzahl angestrebt werden.

Inzuchtrate und effektive Populationsgröße

Die für die weitere Entwicklung der Inzuchtsituation einer Population entscheidenden Kenngrößen stellen die Inzuchtrate und die daraus abgeleitete effektive Populationsgröße dar. Es gilt die stetige Inzuchtzunahme je Generation zu minimieren, indem eine möglichst hohe effektive Populationsgröße erreicht wird. Diese kann in kleinen Zuchtpopulationen vor allem durch eine Angleichung des Geschlechterverhältnisses erreicht werden. Eine Gruppe mit je 50 zufällig ausgewählten Vater- und Muttertieren erreicht eine effektive Populationsgröße von 100 Tieren und damit verbunden - bei zufälliger Partnerwahl und ausgeglichener Verteilung der Nachkommen - eine Inzuchtsteigerung von 0,5% je Generation. Dagegen würde bei 5 Vater- und 95 Muttertieren eine effektive Populationsgröße von 19 Tieren und eine Steigerung der Inzucht von 2,63% je Generation erwartet (SCHÜLER et al., 2001). Genau in diesem Bereich bewegten sich die Ergebnisse bezüglich der Bunten Bentheimer in den vorangegangenen 4 Generationen. Der letzte vollzogene Generationswechsel zeigt allerdings eine Verbesserung der Situation und damit eine Senkung des Inzuchtzuwachses auf 1,7% sowie eine Steigerung der effektiven Populationsgröße auf 29 Tiere. Verglichen damit lag die Inzuchtrate beim Generationswechsel Eltern - Probanden mit 1,42% bei den Sattelschweinen in Deutschland 1996 niedriger und damit verbunden die effektive Populationsgröße mit 35 Tieren höher als bei den Bunten Bentheimer Schweinen. Allerdings standen bei den Sattelschweinen 114 Väter und 229 Mütter statt wie bei den Bunten Bentheimern 39 Väter und 49 Mütter für die Probandengruppen zur Verfügung.

Trotz der Steigerung der effektiven Populationsgröße konnte der Grenzwert zur Vermeidung von Inzucht und Genverlusten von 50 Tieren nicht erreicht werden (DGfZ, 1991).

Die Betrachtung der tatsächlichen Populationsgröße der Bunten Bentheimer Schweine von 112 Tieren im Jahr 2003 zeigt auch hier den Gefährdungsgrad der Rasse. So waren weder die zum ungefährdeten Bestehen einer Population benötigten 150 Zuchtsauen noch 10 bis 20 Vatertiere vorhanden (SIMON, 1999). Allerdings zeigten Beobachtungen zu Schwäbisch Hällischen Schweinen (KOBEL, 1992), dass bereits innerhalb kurzer Zeit, hier von 1984 bis 1990, eine Erholung vom Aussterben bedrohter Bestände möglich ist.

Verwandtschaft

Die aktuelle Herdbuchpopulation der Bunten Bentheimer Schweine verfügte über einen mittleren Verwandtschaftskoeffizienten von 14,54%. Im Vergleich dazu erreichten alle drei Sattelschweinrassen in Deutschland insgesamt einen mittleren Verwandtschaftskoeffizienten von 7,65% (MATHES, 1996). Innerhalb der einzelnen Sattelschweinrassen lagen die durchschnittlichen Verwandtschaftskoeffizienten bei 10,22% für die Angler Sattelschweine, 12,9% für die Deutschen Sattelschweine und 11,86% für die Schwäbisch Hällischen Schweine. Allerdings fanden bei den Untersuchungen von MATHES (1996) alle verfügbaren Ahneninformationen Verwendung, so dass bis zu 15 Ahnengenerationen berücksichtigt wurden.

Der Vergleich der Verwandtschaft der ehemaligen Tiere aus registrierten Betrieben und denen aus ausgeschiedenen Betrieben bezogen auf die Herdbuchpopulation 2003 wiesen für Erstere eine stärkere Bindung auf. Die Tiere der ausgeschiedenen Betriebe verfügten über weniger Verwandtschaft zur Herdbuchpopulation 2003, sie wurden also in geringerem Maße zur Fortführung der Zucht eingesetzt.

Die bei der Zucht der Bunten Bentheimer Schweine herangezogene Einteilung in Linien ließ sich an Hand der Verwandtschaftskoeffizienten weitgehend, nicht jedoch in allen Fällen bestätigen. Bezüglich der drei Eberlinien konnte festgestellt werden, dass deutlich höhere Verwandtschaftskoeffizienten innerhalb der Linien vorlagen als in der Gesamtgruppe der Eber. Die Untersuchung auf Verwandtschaft zwischen den drei Linien ergab eine auffallend enge Beziehung zwischen den Linien S und K. Hier bewegte sich der Verwandtschaftskoeffizient auf dem Niveau der Linien selbst. Die Verwandtschaft der Linien H und K bzw. S fiel hingegen geringer aus. Bei Betrachtung der Verwandtschaft der einzelnen Sauenlinien war ersichtlich, dass auch hier die Verwandtschaft innerhalb der Linien höher lag als in der Gesamtgruppe der untersuchten Sauen. Bezüglich der Höhe der Verwandtschaftskoeffizienten zwischen den Linien fielen vier Kombinationen durch Werte oberhalb des mittleren Verwandtschaftskoeffizienten der Sauengruppe auf. Diese engen Beziehungen bestanden zwischen den Linien N und O, A und F, K und O sowie K und N.

Bei der zukünftigen Zucht der Bunten Bentheimer Schweine sollten möglichst viele Elterntiere zum Einsatz kommen und die Anpaarungen so gewählt werden, dass die zukünftigen Nachkommen möglichst geringe Inzuchtkoeffizienten aufweisen. Das bedeutet zugleich, dass die Sauen in wiederholten Anpaarungen mit verschiedenen Ebern belegt werden und aus möglichst vielen unterschiedlichen Anpaarungen Zuchttiere zurückbehalten werden. Um die Anpaarung mit den entsprechenden männlichen Tieren über weite Entfernungen zu ermöglichen, muss die künstliche Besamung eingesetzt werden.

Das bisherige System von Definition der Zuchtlinien ist fragwürdig und sollte neu definiert werden. Dazu wären Clusteranalysen mit Hilfe der Verwandtschaftskoeffizienten hilfreich sowie molekulargenetische Untersuchungen.

Um den Fortbestand der Rasse als genetische Reserve garantieren zu können, sollte auch weiterhin neben der Einbindung der Züchter in Erhaltungsprogramme, den so genannten In-situ-Programmen, die gezielte Konservierung von tiefgefrorenem Sperma der Bunten Bentheimer Eber als Ex-situ-Programm praktiziert werden (OLLIVIER et al., 2001).

Eine weitere Möglichkeit zur Erhaltung bedrohter Nutzierrassen ist die Einbindung von Reinzuchtieren als Eltern in Gebrauchskreuzungen. Untersuchungen der Leis-

tungsfähigkeit von Kreuzungstieren aus Bunten Bentheimer Sauen und Fleischrasse-ebern konnten aber unter konventionellen Haltungsbedingungen bislang keine wettbewerbsfähigen Ergebnisse vorweisen (CHAINETR et al., 2002). Als neuer Ansatz einer solchen Untersuchung könnte die Aufzucht von ähnlichen Kreuzungstieren unter extensiven Haltungsbedingungen praktiziert werden.

Literatur

- BIEDERMANN, G.; OTT, B.; RÜBESAM, K.; MAUS, F.:
Genetische Analyse der Population des Vorderwälder Rindes. Arch. Tierz., Dummerstorf **47** (2004), 141-157
- BIEDERMANN, G.; WALDMANN, S.; MAUS, F.:
Genetische Analyse der Population des Hinterwälder Rindes. Arch. Tierz., Dummerstorf **46** (2003), 307-319
- BRANDT, H.; MÖLLERS, B.:
Inzuchtdepression bei Merkmalen der Fruchtbarkeit und der Gewichtsentwicklung beim Göttinger Miniaturschwein. Arch. Tierz., Dummerstorf **42** (1999), 601-610
- CASSEL, B.D.; ADAMEC, V.; PEARSON, R.E.:
Effect of incomplete pedigrees on estimates of inbreeding and inbreeding depression for days to first service and summit milk yield in Holsteins and Jerseys. J. Dairy Sci. **86** (2002a), 2967-2976
- CASSEL, B.D.; ADAMEC, V.; PEARSON, R.E.:
Maternal and fetal inbreeding depression for 70-day nonreturn and calving rate in Holsteins and Jerseys. J. Dairy Sci. **86** (2002b), 2977-2983
- CHAINETR, W.; GLODEK, P.; BRANDT, H.; MÖLLERS, B.; HENNING, M.; KALLWEIT, E.; FISCHER, K.:
Systematische Gebrauchskreuzung als Möglichkeit der Erhaltung vom Aussterben bedrohter Landschweinrassen. Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002), 35-43
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZÜCHTUNGSKUNDE:
Empfehlungen zur Erhaltung Genetischer Vielfalt bei einheimischen Nutztieren. Züchtungskunde **63** (1991), 426-430
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZÜCHTUNGSKUNDE:
Erhaltung genetischer Vielfalt bei landwirtschaftlichen Nutztieren. DGfZ-Schriftenreihe, Heft 14, DGfZ, Bonn (1992)
- FALCONER, D.S.:
Einführung in die quantitative Genetik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1984)
- GESELLSCHAFT ZUR ERHALTUNG ALTER UND GEFÄHRDETER HAUSTIERRASSEN:
Rote Liste der bedrohten Nutztierassen. Schweine. GEH, Witzenhausen (2005)
- GLODEK, P.:
Schweinezucht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1992)
- GLODEK, P.:
Theorie und Praxis der Konservierung tiergenetischer Ressourcen am Beispiel zweier alter deutscher Schweinerassen. In: DISTL, O. (Hrsg.) Festsymposium zu Ehren von Prof. Dr. Detlef Simon. Hieronymus Buchreproduktions GmbH München (2000), 31-41
- HERMELING, L.:
Entstehung, Entwicklung und Leistungen des schwarzbunten Schweins unter den Haltungs- und Fütterungsverhältnissen der Kreise Grafschaft Bentheim und Cloppenburg. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität (1957), Dissertation
- HÖRNIG, B.:
Gefährdete Schweinerassen und alternative Schweinezüchtung. NZH Verlag, Wetzlar (1997)
- KOBER, H.:
Das Schwäbisch Hällische Schwein. Bestandsaufnahme einer Gefährdeten Nutztierasse. Institut für Tierzucht und Vererbungsforchung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (1992), Dissertation
- KROGMEIER, D.; AUMANN, J.; AVERDUNK, G.:
Untersuchungen zur Inzucht in der Gelbvieh- und Braunviehpopulation in Süddeutschland. Züchtungskunde **69** (1997), 233-243
- MATHES, M.:
Sattelschweine in Deutschland – Genanteile, Verwandtschaft, Inzucht. Tierärztliche Hochschule Hannover (1996), Dissertation
- OLLIVIER, L.; LABROUE, F.; GLODEK, P.; GANDINI, G.; DELGADO, J.V.:

- Pig genetic resources in Europe. Characterisation and conservation. European Association for Animal Production, Publication Nr. 104, Wageningen Pers., Wageningen (NDL) (2001)
- SAMBRAUS, H. H.:
Gefährdete Nutztierassen. 6. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2001)
- SCHMIDT, J.; PATOW, C.V.; KLIESCH, J.:
Züchtung, Ernährung und Haltung der landwirtschaftlichen Haustiere, Allgemeiner Teil. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg (1957)
- SCHMIDT, T.:
Estimation of inbreeding coefficients using incomplete pedigree informations. - What inbreeding results from the mating systems? Workshop on advanced biometrical methods in animal breeding, Flawil, Schweiz (1992)
- SCHMIDT, T.; MAYER, M.; SIMON, D.:
Analyse der westfälischen Rotbuntzucht bezüglich Inzucht, Verwandtschaft und Fremdgenanteil. Züchtungskunde **65** (1993), 102-111
- SCHÜLER, L.; SWALVE, H.; GÖTZ, K.-U.:
Grundlagen der quantitativen Genetik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2001)
- SIMON, D.:
Better decisions in conservation of farm animals genetic resources by use of international sources of information. Quart. Bull. Internat. Ass. Agric. Inf. Spec. XLIV (1999), 59-96
- SØRENSEN, A.C.; SØRENSEN, M.K.; BERG, P.:
Inbreeding in Danish dairy cattle breeds. J. Dairy Sci. **88** (2005), 1865-1872
- WREDE, J.; SCHMIDT, T.:
OPTI-MATE Version 3.8.1, Managementprogramm zur Minimierung der Inzucht in gefährdeten Populationen. Programmbeschreibung. Institut für Tierzucht und Vererbungs-forschung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (2003)
- ZWICK, M.:
Das Bunte Bentheimer Schwein, Entwicklung – Stand – Zukunftsperspektiven. Fachbereich Landwirtschaft Witzenhausen, Gesamthochschule Kassel, Diplomarbeit (1991)

Eingegangen: 30.12.2005

Akzeptiert: 14.02.2006

Autor für Korrespondenz
Prof. Dr. OTTMAR DISTL
Institut für Tierzucht und Vererbungs-forschung
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bünteweg 17p
30559 HANNOVER / GERMANY

E-Mail: ottmar.distl@tiho-hannover.de