

2. Literaturübersicht

2.1. Die Entwicklung der elektronischen Tierkennzeichnung

Seit Anfang der vierziger Jahre erlaubt die biotelemetrisch-technische Entwicklung die Tierkennung über Sender mittels elektromagnetischer Übertragung von Signalen, die zunächst bei der Erforschung von Tierwanderungen eingesetzt und dann in Form von Transpondern in der Abruffütterung weiterverfolgt wurde (WORMUTH, 1991). Miniatur-Sender, mit welchen man nach chirurgischer Implantation oder Verschlucken physiologische Messungen (Druckänderungen, Temperatur, EKG) vornehmen kann, wurden durch die Erfindung des Transistors in den 60er Jahren technisch realisierbar (PLONAIT, 1974). BROADBENT (1967) und BROADBENT et al. (1970) entwickelten Ende der 60er Jahre Konzepte für Vorrichtungen zur elektronischen Identifizierung von individuellen Tieren (SHERWIN, 1990). Die Entwicklung der elektronischen Identifikation erfolgte aus den zwei verschiedenen Motivationen des Herdenmanagements und der Gesundheitsüberwachung und interessierte anfangs vor allem die Rinderindustrie (BALDWIN, 1973; HOLM, 1976). Seit 1973 ist eine Technik im Einsatz, die die individuelle Kennzeichnung in den größten Herden erlaubt (STREET, 1982). Elektronische Identifizierungssysteme in Form von Transpondern bzw. Respondern am Halsband oder als Ohrmarke wurden in der Rinder- und Schweinehaltung somit seit den 70er Jahren zunächst vorwiegend für die elektronisch gesteuerte Fütterung eingesetzt und stellen seitdem eine Voraussetzung für rechnergesteuerte Produktionsverfahren dar. Technische Fortschritte in der Mikroelektronik und die Anwendung neuer Verfahren ermöglichten die Entwicklung miniaturisierter, injizierbarer Transponder (MOLL, 1990; WENDL et al., 1990; PIRKELMANN, 1994 a).

Die Entwicklung der elektronischen Tierkennzeichnung wurde in den 70er Jahren und Anfang der 80er Jahre zunächst in den USA vorangetrieben (BALDWIN et al., 1973; HOLM, 1976; BALDWIN et al., 1977; HOLM et al., 1980; HANTON, 1981; HOLM, 1981; NELSON, 1981; SIGRIMIS et al., 1985; SPAHR und PUCKETT, 1986). Bis heute ist in den USA kein einheitliches nationales Kennzeichnungssystem eingeführt worden. Die Holstein Association (HA) und die National Dairy Herd Improvement Association (DHIA) beabsichtigen die routinemäßige Einführung elektronischer Identifikations-Technologie (DUKAS, 1990;

NELSON, 1991; SPAHR, 1992). CRANDALL (1976) und NELSON (1976) beschreiben bereits den Gebrauch der elektronischen Kennzeichnung im Programm der DHIA bzw. für das Herdengesundheitsmanagement auf nationaler Ebene. Die Einbeziehung der elektronischen Kennzeichnung in das Market Cattle Identification (MCI) Program wird geplant (BRIDGEWATER, 1990). 1994 sind Pilotprojekte für die Entwicklung eines effektiven Systems zur Identifizierung von Schweinen angelaufen, wobei neue Technologien wie barcodierte Ohrmarken und elektronische Implantate ein wichtiger Bestandteil des Systems sein werden (WIEMERS und ANNELLI, 1994).

In den 80er Jahren beschränkte sich der Einsatz nicht mehr hauptsächlich auf die USA, sondern es wurden elektronische Identifikationssysteme mit implantierbaren Transpondern bei den verschiedenen Tierarten weltweit versuchsweise, aber auch schon routinemäßig eingesetzt (DORN, 1987; BEHLERT, 1989). Der Einsatz von Implantaten wurde in Europa vor allem von den niederländischen Forschungsinstituten, Zuchtverbänden usw. vorangetrieben. Die Experimente beim Implantieren gelten als abgeschlossen (VAN DEN WEGHE, 1990). In den Niederlanden wurde für einige Jahre versucht, ein einheitliches nationales elektronisches System zur Identifikation aller Schweine einzuführen. Dieses Ziel wurde nicht erreicht (AARTS et al., 1989; MERKS und LAMBOOIJ, 1990; DE BOER, 1993).

In der EG zeichnete sich Anfang der 90er Jahre das Bestreben ab, eine Standardisierung zu erarbeiten und die Einführung der elektronischen Kennzeichnung zu verwirklichen. Das Fazit eines Seminars in Brüssel im Oktober 1991 war, daß auf injizierbaren Transpondern basierende Systeme den Anforderungen entsprechen, jedoch noch verschiedene praktische Probleme gelöst werden müssen (LAMBOOIJ, 1991 a). Eine Standardisierung ist Voraussetzung für eine Zulassung als anerkanntes Kennzeichnungssystem. Inzwischen liegt die Codestruktur für die Tiernummer fest (ISO 11 784), außerdem wurden die technischen Funktionen in der ISO/DIS 11 785 spezifiziert (ARTMANN, 1994 a und b; PIRKELMANN, 1994 a und b), die seit Juli 1996 als ISO 11 785 Gesetzescharakter hat (HÜTHER, 1997). Die ISO 11 784 und die ISO 11 785 wurden in Fulda im März 1994 auf der vom KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) organisierten Fachtagung zum ersten Mal öffentlich vorgestellt. Die EG-Richtlinie zur Kennzeichnung von Rindern (92/102/EWG) besagt, daß der EG-Ministerrat zum 31.12.2000 über die Einführung einer elektronischen Kennzeichnung entscheiden wird (HÜTHER, 1997).

2.2. Die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten der elektronischen Tierkennzeichnung mittels implantierbarer Transponder

Grundsätzlich eignen sich Transponder zur Kennzeichnung und Registrierung aller Arten von Tieren (BALDWIN et al., 1973), und dementsprechend gibt es mehrere Anwendungsgebiete bzw. -möglichkeiten für die elektronische Kennzeichnung, die von verschiedenen Autoren auf unterschiedliche Weise eingeteilt werden.

Der im folgenden angegebenen Literatur sind teilweise keine näheren Angaben über die beschriebenen bzw. verwendeten Transponder und Systeme zu entnehmen, weshalb entsprechende Angaben entfallen müssen.

2.2.1. Die Anwendungsmöglichkeiten in der Nutztierhaltung bzw. Tierproduktion

In der Nutztierhaltung bzw. der Tierproduktion wird in der Regel zwischen dem Einsatz der elektronischen Einzeltieridentifizierung auf betrieblicher, auf nationaler und auf internationaler Ebene unterschieden (PIRKELMANN et al., 1992; WELZ et al., 1992; PETERSEN, 1993; ARTMANN, 1994 b; LÜTJENS, 1994; PIRKELMANN, 1994 a und b).

2.2.1.1. Die Anwendungsmöglichkeiten in der Tierproduktion auf innerbetrieblicher Ebene

Übereinstimmend geht aus der im folgenden angegebenen Literatur hervor, daß die rechnergestützte Produktionssteuerung im wesentlichen die Bereiche Fütterung, Melken und Gesundheits- bzw. Tierüberwachung umfaßt.

2.2.1.1.1. Die Anwendungen in der Prozeßsteuerung und Tierüberwachung

Mit der Entwicklung von elektronischen Erkennungssystemen wurde die grundlegende Voraussetzung für den Einsatz rechnergestützter Prozeßsteuerungssysteme zur Fütterungs-

und Herdentüberwachung geschaffen (WENDL et al., 1990 und 1991). Die Milchviehhaltung eignet sich wegen der Arbeitsintensität und der Notwendigkeit der täglichen Erfassung vieler Daten insbesondere für den Einsatz von Mikroelektronik und Informationstechnologien (SIGRIMIS und SCOTT, 1984; BAUER und SCHLÜNSEN, 1990), inzwischen sind aber auch in der Schweinehaltung rechnergestützte Produktionsüberwachung sowie Prozeßsteuerung mit ausgereiften Techniken möglich (WELZ et al., 1992) und führen zu einer Verbesserung des Herdenmanagements. In der Milchviehhaltung wurden die Transponder zur Einzeltieridentifizierung nicht nur extensiv für den Einsatz von Fütterungsautomaten, sondern auch von Systemen zur Melkstandautomatisierung genutzt (STREET, 1982; ORDLOFF, 1992). WESSELINK (1991 und 1992) beschreibt den Einsatz des Milchrobotersystems MIROS, das unter anderem Transponder und verschiedene Sensoren enthält. Die Entwicklung rechnergesteuerter Tränkeverfahren bietet im Zusammenhang mit der elektronischen Identifizierung auch die Möglichkeit, in Gruppen gehaltene Kälber individuell und rationiert zu tränken (WENDL et al., 1990; ZÄHRES, 1992). In der Mast erleichtern mobile Wiegeeinheiten in Verbindung mit der elektronischen Tierkennzeichnung die Einzeltierverwiegung und Sortierung von Mastschweinen (NIGGEMEYER, 1994).

Unter den genannten innerbetrieblichen Anwendungsmöglichkeiten der elektronischen Einzeltierkennzeichnung wird oft die Bedeutung der individuellen, permanenten, rechnergestützten Leistungs- und Gesundheitsüberwachung in den Vordergrund gestellt. Mittels Sensoren können individuelle Produktions- und Tierdaten erfaßt werden, die unter anderem der Ermittlung der durch pathologische Veränderungen, Streß und die Brunst ausgelösten Begleitreaktionen (z.B. erhöhte oder erniedrigte Körpertemperatur und Pulsfrequenz, veränderte Bewegungsaktivität und Futter- oder Wasseraufnahme usw.) dienen und somit für die Tierüberwachung genutzt werden können. Der Einsatz von Sensoren kann beispielsweise zur Messung der Milchtemperatur, der elektrischen Leitfähigkeit der Milch sowie zur automatischen Milchmengenerfassung, weiterhin zur Erfassung der Bewegungsaktivität und Aufzeichnung der Anzahl der Tierbesuche an Futterautomat oder Tränke sowie am Tier zur Messung der Körpertemperatur und Pulsfrequenz erfolgen (BALDWIN et al., 1973; HOLM et al., 1980; HANSEN et al., 1982; STREET, 1982; SPAHR, 1986; BAUER und SCHLÜNSEN, 1990; GOEDSEELS, 1990; NOGGE und BEHLERT, 1990; NIELSEN, 1991; SCHÖN et al., 1992; WELZ et al., 1992; NIGGEMEYER, 1993 und 1994; BLAIR et al., 1994). In diesem Zusammenhang ist die im

folgenden Kapitel dargestellte Erfassung der Körpertemperatur mittels Temperatur-Telemetrie hervorzuheben.

2.2.1.1.2. Die Anwendung im Zusammenhang mit der Temperatur-Telemetrie zur Gesundheitsüberwachung und Brunsterkennung

Bei den weiterentwickelten implantierbaren Transpondern der zweiten Generation handelt es sich um eine Kombination aus Identifikationssystem, Mikrosensoren und zukünftig eventuell auch Biosensoren (BAUER und SCHLÜNSEN, 1990; GOEDSEELS, 1990; WELZ und PETERSEN, 1992). Diese erfassen zusätzliche Meßwerte, die berührungslos an eine entsprechende Auswerteeinheit übermittelt werden. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser weiterentwickelten Transponder sind vielfältig. Aus Sicht des Herdengesundheitsmanagements sind die Temperaturschwankungen, die bei infektiösen und nichtinfektiösen Erkrankungen, Streß und physiologischen Ereignissen im Zusammenhang mit der Reproduktion auftreten, von Interesse für den Viehproduzenten (BALDWIN et al., 1973 und 1974; NELSON, 1976; SEAWRIGHT, 1976; HOLM und ARAKI, 1979; HOLM et al., 1980; HOLM, 1981; HANSEN et al., 1982; ZARTMAN, 1983; GOEDSEELS, 1990; VAN DEN WEGHE, 1990).

PUCKETT et al. (1982) implantierten Rindern Transponder und kamen zu dem Ergebnis, daß keine Korrelation zwischen der subdermalen Temperatur und der Brunst bestand, die für das Herdenmanagement von Nutzen sein könnte. Als Grund wurde die ungenügende Sensitivität des Systems angegeben. HOLM et al. (1980) behaupten, daß das Temperatur-Monitoring ein großes Potential für die Erkennung von Krankheiten hat, aber nicht zufriedenstellend für eine zuverlässige Östruserkennung zu sein scheint. Erste Versuche mit Thermosensoren bei Schweinen lassen darauf schließen, daß die für die Bezugsbasis „Rektaltemperatur“ ermittelten Referenzwerte für die Meßstelle „Ohrbasis“ keine Gültigkeit mehr haben werden. Einige in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge, z.B. der tagesrhythmische Verlauf mit abendlichen Höchstwerten, konnten aber bestätigt werden (WELZ und PETERSEN, 1992). Die Adaptation der neuen Mikrosensoren an Anwendungsbereiche in der landwirtschaftlichen Tierproduktion steht noch in den Anfängen. Zur Anpassung gehört neben der Lösung von

technischen Problemen die Entwicklung von Expertensystemen (WELZ und PETERSEN, 1992; WELZ et al., 1992).

2.2.1.1.3. Die Anwendung rechnergestützter Systeme für die Entwicklung neuer Haltungssysteme

Der Einsatz der Elektronik bzw. elektronischen Einzeltieridentifizierung ist eine Voraussetzung für die Entwicklung artgerechter Haltungssysteme (PIRKELMANN et al., 1991; SCHLICHTING, 1991; REISCH, 1992). Rechnergestützte Systeme erlauben trotz Herdenhaltung im Laufstall eine individuelle Fütterung und Tierbeobachtung. Durch den Einsatz der elektronischen Erkennungssysteme ist auch bei der Laufstallhaltung von Sauen und Mastschweinen (HANSEN et al., 1982) bzw. Rindern (SCHÖN et al., 1992) eine volle Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials des Einzeltieres möglich. Durch die zuverlässigen Informationen kann ein verbesserter Einsatz aller Produktionsmittel erreicht werden (PIRKELMANN et al., 1992).

Erste Versuche mit sogenannten integrierten Sauenherden verliefen positiv (VAN DEN WEGHE, 1990), ebenso Versuche zur Haltung von Sauen in Außenställen (CHAMBERS et al., 1986; BLAIR et al., 1994). Der Einsatz von Transpondern eröffnet auch in der Schweinemast umweltverträglichere und tierfreundlichere Haltungsformen und weitere Leistungssteigerungen (VAN DEN WEGHE, 1990 und 1992; NIGGEMEYER, 1991). Ein Problem, das bei rechnergestützten Haltungssystemen in der Schweinehaltung auftritt, ist der höhere Verletzungsindex bei der Abruffütterung durch Rankkämpfe und Aggressionen im Wartebereich. Lösungen dieses Problems werden durch Einschränkung der Fütterungszeiten, eine gute Stallgestaltung und weitere technische Entwicklungen erwartet (BOXBERGER, 1989; BURE, 1989; BOEHNCKE, 1990; LEHMANN, 1990; HEEGE et al., 1991; SCHLICHTING, 1991; WEBER UND FRIEDLI, 1991; VAN DEN WEGHE, 1992). Als bedenkenswerter Aspekt wird angegeben, daß in computergestützten Herdenkontrollprogrammen keine ausreichende, individuelle Tierbetreuung mehr gegeben ist (BOEHNCKE, 1990).

2.2.1.2. Die Anwendungsmöglichkeiten auf überbetrieblicher bzw. nationaler und internationaler Ebene

Transponder haben eine zentrale Bedeutung bei den europäischen Bemühungen zu einer unverwechselbaren und fälschungssicheren Identifizierung aller Nutztiere von der Geburt bis zur Schlachtung (VAN DEN WEGHE, 1990). Voraussichtlich wird in Zukunft der Transport von lebenden Tieren und von Fleisch zwischen den Mitgliedsstaaten der EG weiter ansteigen. Zur Tiergesundheitskontrolle ist die Einführung eines effektiven nationalen und internationalen Informationssystems notwendig (LAMBOOIJ et al., 1992). Die elektronische Kennzeichnung wird bei dem Aufbau des Informationsnetzes zum Verbund der Veterinärbehörden auf Grundlage des Systems „EuroVet“ unter Berücksichtigung der ISO 11784 und 11785 bei der Tierkennzeichnung und der ISO-Norm für Schnittstellen 11787 und 11788 angewendet werden (HÜTHER, 1997).

Die Anwendung der elektronischen Kennzeichnung, mit der automatisch Daten in allen beteiligten Ebenen der Tierproduktion erfaßt und verarbeitet werden, ermöglicht einen elektronischen Datenaustausch zwischen den Organisationen und Betrieben. Der gesamte Prozeß der Erzeugung und Vermarktung wird transparenter, das heißt in einer geschlossenen Produktionskette kann der Weg des Einzeltieres über alle Produktionsstufen hinweg effizienter und zuverlässiger verfolgt und die Chance einer verlässlichen Datenbasis geboten werden. Das Feed back von Informationen (z.B. Schlachtbefunden) für Beratungs- und Kontrollaufgaben würde erleichtert und könnte auch in der Veterinärmedizin genutzt werden. Vor diesem Hintergrund der verbesserten Herkunftsnachweise, Leistungskontrollen und Datenrückkopplung von Informationen zum Produzenten wird in der Literatur auf die Bedeutung der elektronischen Einzeltierkennzeichnung für die Verbesserung der Kontrolle des Produktions- und Schlachtprozesses, für die Gesundheits- bzw. Tierseuchenkontrolle, für die integrierte Qualitätsüberwachung bzw. die Qualitätssicherung, für integrierte Zucht- und Produktionsprogramme wie z.B. Markenfleischprogramme, für die Kontrolle zusätzlicher Produktionsauflagen wie beispielsweise dem Verbot von Medikamenten und für die Überwachung von Transporten eingegangen (BALDWIN et al., 1973; HANTON, 1981; NELSON, 1981; HANNAH, 1984; SPAHR, 1986; DAVIS, 1989; GRAHAM, 1989; LAMBOOIJ und MERKS, 1989; AUGSBURG, 1990; COWMAN, 1990; DZIUK, 1990; GOEDSEELS, 1990; MERKS und LAMBOOIJ, 1990; WIEBE, 1990; WÖRNER und

NIGGEMEYER, 1990; ZWAFERINK, 1990; FALLON und ROGERS, 1991; MAHER, 1991; NIGGEMEYER, 1991; 1993 und 1994; AARTS et al., 1992 und 1993; LAMBOOIJ et al., 1992; PIRKELMANN et al., 1992; WELZ et al., 1992; DORNWELL, 1993; PETERSEN, 1993; WÖRNER, 1993 und 1994; HAUBOLD et al., 1994; KLINDTWORTH, 1994; LÜTJENS, 1994; NIGGEMEYER, 1994; PIRKELMANN, 1994 a und b; HÜTHER und HÄHNEL, 1995).

TER WEE und AARTS (1991) beschreiben die Vor- und Nachteile von injizierbaren Transpondern für die nationale Registrierung von Schweinen in den Niederlanden, die der Vorbeugung anzeigepflichtiger Tierseuchen dient. Durch den Einsatz der Implantate wäre im Gegensatz zu den herkömmlichen Kennzeichnungsmethoden die Ermittlung der Herkunftsherde eines verdächtigen Tieres leicht möglich. DAVIS (1989) geht auf die Vor- und Nachteile der gesetzlich anerkannten Kennzeichnungsmethoden für Schweine im zwischenstaatlichen Handel in den USA ein und schlägt Injektate als praktikable Kennzeichnungsmethode vor, die eine Rückverfolgung verdächtiger Tiere durch alle Marktkanäle ermöglicht. Als Gründe für das Scheitern von Prophylaxe- und Tilgungsprogrammen bei der Bekämpfung von Tierseuchen bezeichnet HÜTHER (1994) unter anderem eine mangelhafte Kennzeichnung der Tiere. Am Beispiel von Bekämpfungs- und Prophylaxeprogrammen gegen die Echinococcose in Sardinien (EMMENEGGER, 1990; HANNERSJÖ, 1993; NYVANG, 1993; HÜTHER 1994) und die Brucellose in Malta (MAHER, 1991; HÜTHER 1994) wird die Bedeutung der elektronischen Kennzeichnung mittels Injektaten für die Seuchenbekämpfung dargelegt. Die für das Projekt entwickelte Software, die den Einsatz der Barcode-Technologie z.B. zur Kennzeichnung von Blutproben mit Barcode-Etiketten oder Aussortierung reaktiver Tiere erlaubt, ermöglicht in der Tierseuchenbekämpfung eine zunehmende Automation bei der Testung und Rückverfolgung einer großen Anzahl an Tieren (MAHER, 1991; HÜTHER 1994). Dieses Prinzip der automatisch lesbaren Barcodes wird in der Konsum- und Gebrauchsgüterwirtschaft als einheitliches Internationales Artikelnummernsystem EAN bereits angewendet (WAGENER, 1990).

Koordinierte Zuchtprogramme werden durch die Anwendung der Einzeltierkennzeichnung ermöglicht (NOGGE und BEHLERT, 1990). Der Einsatz der elektronischen Tieridentifikation erbringt Verbesserungen in bezug auf die Genauigkeit und den Umfang der

Leistungsprüfungen bzw. Zuchtwertschätzungsverfahren. Eine umfassende Nachkommenprüfung von Endprodukten wird erleichtert (NELSON, 1976; HANSEN et al., 1982; AUGSBURG, 1990; WÖRNER und NIGGEMEYER, 1990; NIGGEMEYER, 1991 und 1993; BRANDT, 1993; WÖRNER, 1993 und 1994).

2.2.2. Spezielle Anwendungsmöglichkeiten und die Anwendungen bei verschiedenen Tierarten

Auf die Bedeutung der Tierkennzeichnung allgemein bzw. mit implantierbaren Transpondern für die Diebstahlerschwerung, die Auffindung bzw. Identifizierung entlaufener oder entwendeter Tiere, den Versicherungsschutz, die Verhinderung von Betrug im Sport, bei Ausstellungen und Verkäufen, in der Tierzucht zur Dokumentation von Abstammung und Leistung, für den Einsatz bei Rechnungseintreibungen und gerichtlichen Streitigkeiten und allgemein für die Feststellung von Besitzverhältnissen bzw. Eigentumsrechten wird wiederholt hingewiesen (BALDWIN et al., 1973; NELSON, 1981; HANNAH, 1984; DORN, 1987; GABEL et al., 1987 und 1988; DZIUK, 1990; NOGGE und BEHLERT, 1990).

Injizierbare Transponder werden bereits in größeren Stückzahlen bei den unterschiedlichsten Tierarten eingesetzt. Eine wesentliche Anwendung ist die Kennzeichnung von Zootieren, die von DORN (1987 und 1991), BEHLERT (1987; 1989 und 1990), BEHLERT und WILLMS (1991 und 1992), NOGGE und BEHLERT (1990) sowie BEHLERT und JES (1994) beschrieben wird. Auf internationaler Ebene der Zoologischen Gärten wurde 1991 von der Captive Breeding Specialist Group (CBSG) beschlossen, künftig als Weltstandard für alle Zoo- und Aquarientiere die Kennzeichnung mit Transpondern (EURO I.D.) zu empfehlen (BEHLERT und JES, 1994). Jedoch wird nach Aussage von LEHMANN (1996) im Einvernehmen mit der CBSG aus tierärztlicher Sicht die Unbedenklichkeit von Transpondern für Reptilien und Amphibien verneint und deshalb die Anwendung strikt abgelehnt. FAGERSTONE (1987), der Frettchen Transponder implantierte, bezeichnet Transponder als eine zuverlässige Methode zur dauerhaften Kennzeichnung von schwer zu kennzeichnenden Wildtieren. Nach HEIDENREICH und KÜSPERT (1994) werden injizierbare Transponder in allen Bereichen der Tierhaltung angewendet, wo es darauf ankommt, Individuen sicher unterscheiden zu müssen. Neben der Nutztierhaltung werden als Beispiele die Fischzucht und

die Versuchstierzucht sowie die Markierung von Haustieren angegeben. Unter anderem wurde dieses Kennzeichnungsverfahren bei Lachsen angewendet (DORN, 1987). Als zur Kennzeichnung von Hunden geeignete Vorrichtungen werden Mikrochip-Implantate von WHITE (1989) und TAYLOR (1990) beschrieben. In der Traberzucht und im Trabrennsport führte der HVT (Hauptverband für Traber-Zucht und -Rennen e.V.) im Jahr 1991 eine zusätzliche obligatorische Kennzeichnung der Fohlen durch Implantation von Transpondern ein (SCHMITT und KATONA, 1994). GABEL et al. (1987 und 1988) befürworteten ein computerkompatibles Identifikationssystem für Pferde. ARNDT und WIEDEMANN (1991) geben eine Beschreibung und einen tabellarischen Überblick über den Einsatz von implantierbaren INDEXEL[®]-Transpondern bei Säugetieren, Fischen, Amphibien, Reptilien und Vögeln.

2.3. Die Anforderungen an eine Tierkennzeichnung

Die Eignung einer Kennzeichnungsmethode ist abhängig von der Zweckbestimmung, dem Haltungssystem, der Tierart und außerdem von folgenden allgemeinen Kriterien: 1. schnell, deutlich und eindeutig lesbar, 2. dauerhaft, 3. unverfälschbar, 4. unkompliziert, 5. unschädlich und 6. kostengünstig (WORMUTH, 1991; NIGGEMEYER, 1993).

Bei Zootieren soll eine Markierung dem Besucher möglichst wenig auffallen, und sie darf die Tiere nicht entstellen oder belasten (BEHLERT, 1987, 1989 und 1990).

Die Anwendung der elektronischen Kennzeichnung bei Nutztieren setzt voraus, daß die Transponder leicht abzulesen und ohne Beschädigung des Tierkörpers am Schlachthof zu entnehmen sind. Es muß garantiert werden, daß die Transponder nicht in die Lebensmittelkette gelangen (DZIUK, 1990; MERKS und LAMBOOIJ, 1990; ARTMANN, 1994 b). Ein System zur Tierkennzeichnung muß so kurz wie möglich nach der Geburt in das Tier implantiert werden können. Außerdem sollte das System für eine direkte Eingabe in den Computer geeignet sein sowie eine Identifikation aus der Entfernung und ohne Fixation ermöglichen (SEAWRIGHT, 1976; HANTON, 1981). WELSCH (1992) führt Vorschriften an, aus denen die an einen Transponder zu stellenden veterinärrechtlichen Anforderungen hervorgehen (s. Tab. 3 und 4). Die Kennzeichnungsnummer muß während des ganzen Lebens

und in der Schlachtlinie lesbar und fälschungssicher sein (LAMBOOIJ, 1990). Zur Langzeitfunktion erwartet HOLM (1981), daß jeder Transponder zehnmal am Tag über zehn Jahre und außerdem auch noch im gefrorenen Tierkörper abgelesen werden kann. WÖRNER (1993) nennt als Anforderungen, die an Kennzeichnungssysteme in der Schweinehaltung zu stellen sind, unter anderem eine schnelle und haltbare Anbringung oder Injektion möglichst durch nur eine Person sowie eine kostengünstige Kennzeichnung mit positiven Auswirkungen für die Wirtschaftlichkeit der Schweineproduktion.

Die wesentlichen Anforderungen, die an ein weltweit kompatibles Erkennungssystem zu stellen sind, werden von ARTMANN (1992) in Tabellenform zusammengefaßt (s. Tab. 1). Die unterlegten Bereiche heben die besonderen Anforderungen an injizierbare Systeme hervor (ARTMANN, 1992).

Tab. 1: Anforderungen an injizierbare Erkennungssysteme (ARTMANN, 1992)

| Technik | Betrieb | Kosten | Auflagen |
|--|--------------------------------------|--|--------------------------------|
| Einfach und risikolos injizierbar, ortsfest | Funktionssicher | Ausfallsicher und langlebig | Keine Einsatzbeschränkungen |
| Anpaßbar an räumliche und funktionelle Gegebenheiten | Fehlererkennung und -meldung | Wartungsfrei | (allgemeine Betriebserlaubnis) |
| Lesbar an allen erforderlichen Stellen | Keine Gefährdung von Mensch und Tier | Überbetrieblich nutzbar | |
| Unverfälschbare Tiernummer | Kleinstmögliche Tierbehinderung | Preisgünstig minimale Produktverluste | |

1988 wurde in den Niederlanden eine Beschreibung der Anforderungen an ein injizierbares elektronisches Identifikationssystem für Schweine von Forschungsinstituten, dem Landwirtschaftsministerium und dem Commodity Board for Livestock and Meat eingeleitet (MERKS und LAMBOOIJ, 1990). Die Anforderungen wurden in einem Anforderungskatalog für die Kennzeichnung von Schweinen mit Mikrochips vom niederländischen „Institut voor Veeteeltkunding“ zusammengestellt (NIGGEMEYER, 1991; DE BOER, 1993). Unter anderem wurde festgehalten, daß die Ausfallquote bis zur Entfernung auf dem Schlachthof

1 % nicht überschreiten sollte. Das U.S. Livestock Electronic Identification Board hat allgemeine Spezifizierungen festgelegt, die als Richtlinie bei der Erarbeitung eines nationalen Systems dienen und für Patentanwendungen benutzt werden (NELSON, 1981). Die Holstein Association und die National Dairy Herd Improvement Association (DHIA/HA) haben ein Übereinkommen zur gemeinsamen Einführung eines nationalen Programms zur Kennzeichnung von Milchrindern, das auf elektronischer Identifikationstechnologie basiert. Die Anforderungen, die ein System für die Zulassung zu Feldtests erfüllen muß, wurden festgelegt (DUKAS, 1990; SPAHR, 1992).

PIRKELMANN und KERN (1994) gehen in ihrer Auflistung der Anforderungen näher auf die Tieranpassung ein (s. Tab. 2). Die Biokompatibilität der Transponder wird von zahlreichen Autoren als eine Voraussetzung für ihren Einsatz erwähnt. Bezüglich der Transponderfunktion wird in Tabelle 2 bei der Durchgangserkennung mindestens eine Erkennungssicherheit bei einem Leseabstand von 50 cm und einer Tiergeschwindigkeit von 3 m/s gefordert.

Tab. 2: Anforderungen an die Injektion von Transpondern (PIRKELMANN und KERN, 1994)

| Handhabung | Transponderfunktion | Tieranpassung |
|---|--|---|
| *einfache, gut erlernbare Injektion | *hohe Erkennungssicherheit im Stand und im Durchgang | *gute Gewebeverträglichkeit |
| *leicht bedienbare Injektionsgeräte | *Einhaltung der tier-spezifischen Mindestanforderung (Großtier >50 cm, >3 m/s) | *geringe Schmerzbelastung |
| *schnelle Entnahme ohne Störung des Schlachtablaufs | *geringe Störanfälligkeit | *ausreichende Platzverhältnisse auch bei Neugeborenen |
| *keine Schädigung wertvoller Fleischteile | *lange Lebensdauer | *keine Beeinträchtigung von Körperfunktionen |
| | *hohe Bruchfestigkeit | *keine Abgabe toxischer Stoffe |
| | | *Möglichkeit zur Erfassung physiologischer Daten |
| | *keine Wanderung und Lageveränderung im Tierkörper | |

2.4. Die rechtlichen Grundlagen im Zusammenhang mit der Tierkennzeichnung

Die Voraussetzung für den verbindlichen Einsatz injizierbarer Transponder ist die Aufnahme dieser Kennzeichnungsmethode in bestehende und künftige Gesetze und Verordnungen auf nationaler und internationaler Ebene (PIRKELMANN, 1992). Die Tabellen 3 und 4 geben einen Überblick über die derzeitigen Vorschriften hinsichtlich einer Kennzeichnungspflicht von lebenden Tieren bzw. nach § 6 der Fleischhygiene-Verordnung des Tierkörpers und der Nebenprodukte der Schlachtung. Diese Übersicht über die wesentlichen derzeitigen und zukünftigen veterinärrechtlichen Rahmenbedingungen der Tierkennzeichnung macht laut WELSCH (1992) deutlich, daß der Mikrochip als Möglichkeit zur Kennzeichnung von Tieren noch nicht vorgesehen ist. Zu dem grundsätzlichen Problem des postmortalen Verbleibs bzw. der Entfernung von injizierten Transpondern ist eine eingehende rechtliche Prüfung aus tierkörperbeseitigungsrechtlicher und futtermittelrechtlicher Sicht erforderlich, deren Ergebnis noch aussteht. Die Eignung des Transponders als Bedarfsgegenstand nach dem Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz ist eine wichtige Forderung, die ein solches System erfüllen muß (WELSCH, 1992).

WORMUTH (1991) gibt bezugnehmend auf verschiedene Autoren sowie Gesetze und Verordnungen eine Auflistung von Bereichen, in denen das Kennzeichnen von Tieren gesetzlich vorgeschrieben ist und benennt die elektronische Kennzeichnung als geeignete Kennzeichnungsmethode.

Basis für die Tierkennzeichnung sind die EG-Vorschriften und die nationalen Gesetze und Verordnungen. Grundlage für die Kennzeichnung von Tieren sind die Richtlinien 90/425/EWG (1990) und 92/102/EWG (1992). Das nationale Kennzeichnungssystem für Vieh, das die Identifizierung der Herkunft eines Tieres ermöglichen soll, findet sich in der deutschen Viehverkehrsverordnung (VVVO) vom 23. April 1982 (BGBl. I S. 503), geändert am 23. Mai 1991 (BGBl. I S. 1151) und am 18. März 1994 (Banz. S. 2890) (ARTMANN, 1994 b; KLINDTWORTH, 1994; TERBERGER, 1994). Die Änderung der VVVO vom 18.03.1994 sieht die Einzeltierkennzeichnung von Schweinen mit einer von der zuständigen Behörde zugeteilten Plastikohrmarke in weiß (Dornteil) mit schwarzem Aufdruck der Betriebsnummer vor.

DORN (1987), NOGGE und BEHLERT (1990), BEHLERT und JES (1994), HEIDENREICH und KÜSPERT (1994) sowie LEHMANN (1996) gehen auf die Überlegungen zu einer elektronischen Kennzeichnung einzelner Individuen bedrohter Arten im Rahmen der Kennzeichnungsvorschriften des Artenschutzes ein. Die Empfehlungen der Konferenz der Vertragsparteien des Washingtoner Artenschutzübereinkommens (WA) auf ihrer 8. Konferenz 1992 in Kyoto gehen soweit, alle lebenden Tiere, die in Anhang I des WA aufgeführt sind, mit Transpondern zu kennzeichnen (HEIDENREICH und KÜSPERT, 1994). Mit der „EU-Verordnung über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels“, die zum 1. Januar 1997 in Kraft treten sollte, ist der Versuch unternommen worden, eine europaweite einheitliche Artenschutzregelung zu finden. Aufgrund dieser Verordnung stehen erneut unter anderem Entwürfe zu einer einheitlichen Kennzeichnung aller geschützten Tierarten mit Ringen oder Transpondern zur Diskussion (LEHMANN, 1996).

Tab. 3a: Gesetzliche Regelungen zur Tierkennzeichnung; Zuständigkeitsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (WELSCH, 1992)

| Nationale Regelungen | | | |
|--|--|---|---|
| BML / 314 | BML / 321 | BML / 322 und 323 | BML / 425 |
| Tierzucht und Tierhaltung | Tierschutz | Tierseuchenbekämpfung, Tierhandel und -transport | Prämienregelungen |
| ~ Tierzuchtgesetz ~ Verordnung über Zuchtorganisationen | ~ Verordnung über Aufzeichnungen über Versuchstiere und deren Kennzeichnung ~ OECD-Grundsätze der Guten Laborpraxis | ~ Tierseuchengesetz ~ Brucelloseverordnung ~ Schweinepestverordnung ~ Leukoseverordnung ~ Psittakoseverordnung ~ Viehverkehrsverordnung ~ Ein- und Durchfuhrverordnung für Papageien und Sittiche | ~ Rind- und Schaf-fleisch-Erzeugerprämienverordnung |

Tab. 3b: Gesetzliche Regelungen zur Tierkennzeichnung; Zuständigkeitsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (WELSCH, 1992)

| Internationale Regelungen | | | |
|---------------------------|------------|--|--|
| BML / 314 | BML / 321 | BML / 322 und 323 | BML / 425 |
| Tierzucht und Tierhaltung | Tierschutz | Tierseuchenbekämpfung, Tierhandel und -transport | Prämienregelungen |
| | | ~ Richtlinie zur Regelung der veterinärrechtlichen und tierzüchterischen Kontrollen im innergemeinschaftlichen Handel mit lebenden Tieren oder Erzeugnissen (90/425) | ~ VO 1352/80 zur Einführung einer Prämienregelung für die Erhaltung des Mutterkuhbestandes |
| | | ~ Richtlinie zur Regelung der veterinärrechtlichen Kontrollen im innergemeinschaftlichen Handel (89/622) | ~ VO 1244/82 zur Durchführung einer Prämienregelung für die Erhaltung des Mutterkuhbestandes |
| | | ~ Richtlinie zur Festlegung von Grundregeln für die Veterinärkontrollen von aus Drittländern in die Gemeinschaft eingeführten Tieren (90/675) | ~ VO 468/87 mit allgemeiner Bestimmung zur Regelung der Sonderprämie für Rindfleischerzeuger |
| | | | ~ VO 714/89 zur Durchführung der Sonderprämienregelung für Rindfleisch-erzeuger |

Tab. 4: Gesetzliche Regelungen zur Tierkennzeichnung

Zuständigkeitsbereich anderer Bundesressorts (WELSCH, 1992)

| Nationale Regelungen | |
|--|--|
| BMU | BMG |
| Natur- und Artenschutz | Lebensmittel- und Fleischhygiene |
| ~ Bundesartenschutzverordnung | ~ Fleischhygiene-Verordnung |
| ~ Fleischhygiene-Verordnung | ~ Verordnung über die hygienischen Anforderungen und amtlichen Untersuchungen beim Verkehr mit Fleisch |
| ~ Bundeswildschutzverordnung | |
| ~ Vorentwurf Verordnung über die Kennzeichnung besonders geschützter Tierarten | |
| Internationale Regelungen | |
| ~ Washingtoner Artenschutzübereinkommen | |

(BMU=Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit;

BMG=Bundesminister für Gesundheit)

2.5. Die Standardisierung und Zulassung der Systeme für die elektronische Tierkennzeichnung

Die Standardisierung ist eine Voraussetzung für einen umfassenden Einsatz von Transpondern (PIRKELMANN et al., 1992; SIEMANN, 1992; WELSCH, 1992; WELZ et al., 1992; PIRKELMANN, 1994 a und b). Außerdem wird die Art und Durchführung der Tierkennzeichnung per Gesetz vorgeschrieben (s. 2.4.), demnach verlangt die Einführung eines Kennzeichnungssystems die Koordinierung durch den Staat (PIRKELMANN et al., 1992; WELSCH, 1992; PIRKELMANN, 1994 a). Anfang der 90er Jahre boten sieben Hersteller Injektate auf dem europäischen Markt an, deren technische Konzepte und Codestrukturen nicht kompatibel waren (s. Tab. 5) (PIRKELMANN et al., 1992; PIRKELMANN, 1994 a), die Systeme störten sich gegenseitig. Der Bau eines Sendempfangsgerätes, das alle Transpondervarianten lesen kann, war mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden (ARTMANN, 1994 a). Außerdem können so zukünftige Systeme nicht integriert werden. Für die gegenseitige Lesbarkeit der Transponder

war ein Kompromiß im Entstehen, der ein kombiniertes Lesegerät für das Half- und Full-Duplex-System der Hersteller NEDAP und Texas Instruments vorsah (PIRKELMANN, 1994 b). Ein universelles Lesegerät der neuen Generation, das alle Transponder nach ISO inklusive der Transponder, die in Annex A definiert sind, lesen kann, ist seit November 1996 auf dem Markt erhältlich (HÜTHER, 1997). In der Kommission (WG 3) zur Erarbeitung eines internationalen Standards (ISO-Norm) einigte man sich auf die Festlegung einer Technik, die sowohl eine Halb- als auch eine Vollduplexübertragung zuläßt (ARTMANN, 1994 a).

Tab. 5: Angebot an injizierbaren Transpondern (Daten nach Herstellerangaben, Stand 1991)
(PIRKELMANN, 1994 a)

| Hersteller | Abmessungen (mm) | Reichweite (cm) | Lesegeschwindigkeit | Codeart/Kapazität | Frequenz/Modulation |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| NEDAP | 3,6 x 28 2,8 x 19 2,2 x 10 | 35 (50) 22 (30) 12 (12) | 100 ms | Numerisch 64 bit | 120 kHz AM/PM |
| Texas Instruments | 3,6 x 31 3,6 x 22 | 50 35 | 100 ms | Numerisch 64 bit | 134,2 kHz FM |
| Destron/IDI | 3,5 x 29 3,1 x 18 2,2 x 11 | 35 26 12 | 120 / 40 ms | Alpha-Num. 32 bit | 125 kHz FM |
| Euro-ID/Trovan | 2,2 x 12 | 16 | < 30 ms | Alpha-Num. 48 bit | 128 kHz AM |
| Data-Mars | 2,2 x 10 | 8 | < 100 ms | Alpha-Num. 54 bit | 125 kHz AM |
| ArguMens | 3,2 x 23 | 20 | 400 ms | 48 bit | 13,56 MHz FM |
| AVID | 2,2 x 14 | 10 | < 100 ms | 64 bit | AM |

Die Zielstellung war die Standardisierung in bezug auf die Kodierung der Tiernummer und die Abstimmung der technischen Parameter. Zur Erreichung dieses Zieles wurde in der ISO (International Standard Organization) im Rahmen des Subkomitees SC 19 (landwirtschaftliche Elektronik) eine spezielle Arbeitsgruppe (working group) WG 3 (Identifikation) zu Erarbeitung eines Vorschlages für ein standardisiertes, elektronisches Tiererkennungssystem gegründet (ARTMANN, 1992; PIRKELMANN, 1992 und 1994 a und b; PIRKELMANN et al., 1992; SPAHR, 1992). Aus der erarbeiteten ISO 11 784, die die Codestruktur für die Tiernummer festlegt, geht hervor, in welchem Format die Daten aufgebaut werden (s. Tab. 6). Die ISO 11 785 enthält die nachrichtentechnischen Parameter,

das Zeitverhalten bei der Übertragung und spezifiziert den Aufbau des Datenrahmens (s. Tab. 7). Es wurde eine Aktivierungsfrequenz von 134,2 kHz und für den Datenrahmen eine Gesamtlänge von 128 Bit gewählt. Mit ISO 11 784 und ISO 11 785 liegt ein Standard für „nur lesbare Erkennungssysteme“ vor. Die WG 3 erhielt auf der Sitzung des ISO/TC 23/SC 19 im Februar 1994 den Auftrag, den Standard auf Systeme mit komplexen Transpondern (beschreibbar, mit integrierten Meßwerterfassungssystemen) auszuweiten. Vorschläge für einen derartigen Standard wurden bereits veröffentlicht und in die WG 3 eingebracht (ARTMANN, 1994 b; PIRKELMANN, 1994 a und b).

Die KTBL-ad-hoc-Arbeitsgruppe „Tieridentifizierung“, deren Aufgabe auf nationaler Ebene die Erarbeitung eines Vorschlags für einen Standard und dessen Vertretung in der internationalen Arbeitsgruppe WG 3 der ISO war, wurde im Februar 1994 aufgelöst, und die KTBL-Arbeitsgruppe „Logistik und Tieridentifizierung“ 1993 gegründet, deren Arbeit sich auf die Umsetzung des Standards und die Einführung der elektronischen Kennzeichnung in der Praxis konzentriert. Sie hat den Auftrag, einen Vorschlag auszuarbeiten, der dazu führt, daß elektronische Erkennungssysteme als offizielle Kennzeichnungsverfahren EG-weit zugelassen werden. Die Sicherstellung der Einmaligkeit einer Nummer liegt nach ISO-Definition im Verantwortungsbereich des jeweiligen Staates. Die Arbeitsgruppe empfiehlt eine Organisation der Nummernverwaltung ausgehend von einer ZN (Zentralstelle Nummernvergabe). Die Verantwortung für die Kennzeichnung im Betrieb trägt der Tierhalter. Festlegungen für die Injektion und Entfernung aus dem Tierkörper müssen von der Arbeitsgruppe noch erarbeitet werden. Bei Wiederverwendung der entnommenen Transponder soll die Zeit von der erstmaligen Freigabe bis hin zur erneuten Freigabe einzelner Nummern nach Beschluß der Arbeitsgruppe im Normalfall 100 Jahre betragen. Bei fast 300 Mrd. zur Verfügung stehenden Nummern sind so jährlich 2,74 Mrd. neue Nummern zulässig (ARTMANN, 1994 b).

Tab. 6: Struktur der Kodierung nach ISO 11 784 (ARTMANN, 1994 a)

| Datenelement | Bit-Bereich | Bit-Anzahl | Informationsinhalt | Wertebereich |
|--------------|-------------|------------|----------------------------|---------------------|
| I | 1 | 1 | Tier (1); kein Tier (0) | 0 / 1 |
| | 0 - 15 | 14 | reserviert (nicht genutzt) | 0 - 16 383 |
| | 16 | 1 | Transponderart | 0 / 1 |
| II | 17 - 26 | 10 | Ländercode (ISO 3 166) | 0 - 999 |
| III | 27 - 64 | 38 | nationale Tiernummer | 0 - 274 877 906 943 |

Tab. 7: Technische Parameter der Erkennungssysteme nach ISO/DIS 11 785 (ARTMANN, 1994 a)

| Parameter | Einheit | Voll-Duplex-System (FDX) | Halb-Duplex-System (HDX) |
|---------------------------|---------|--|--------------------------|
| Übertragung: | | | |
| Aktivierungsfrequenz | kHz | 134,2 | 134,2 |
| Modulationsart | | Amplitudenmodulation (ASK) | Frequenzmodulation (FSK) |
| Bitrate | Bit/s | 4194 | (1) 7762,5 (0) 8387,5 |
| Verschlüsselung der Daten | | modifiziertes "differential Bi-Phase" | Non-Return to Zero |
| Zeiten: | | | |
| Aktivierungsdauer | | | |
| minimal | ms | 50 | 50 |
| maximal | ms | wenn ein FDX-Signal: bis zu 100 | |
| Aktivierungspause | | | |
| minimal | ms | 3 | 3 |
| maximal | ms | wenn nach 3 ms ein HDX-Transponder antwortet: 20 | |
| Datenrahmen: | | | |
| Kopf | Bit | 11 | 8 |
| Identifikationscode | Bit | 64 | 64 |
| Sicherungscode | Bit | 16 | 16 |
| Anhang | Bit | 24 | 24 |
| Bitstuffing | Bit | 13 | 0 |

2.6. Der Aufbau und die Funktion der injizierbaren Transponder

Hinsichtlich ihres Aufbaus bzw. ihrer Funktion unterscheidet man grundsätzlich zwischen passiven und aktiven Transpondern und zwischen nur lesbaren und komplexen Transpondern (ARTMANN, 1994 a). Bei aktiven Systemen enthält der Transponder eine Energiequelle, z.B. in Form einer Batterie oder eines Gleichspannungsnetztes. Bei passiven Systemen bezieht der Transponder seine Energie aus einer entfernt liegenden Hochfrequenzquelle ohne drahtgebundene Verbindung, das heißt er muß über induktive Kopplung zunächst aktiviert werden. Passive Transponder sind daher in der Regel kleiner als aktive und haben eine potentiell unbegrenzte Funktionsdauer (BALDWIN et al., 1973; SIGRIMIS et al., 1985; BEHLERT, 1990; DZIUK, 1990; MOLL, 1990; ARNDT und WIEDEMANN, 1991; ARTMANN, 1992 und 1994 a).

Es gibt nur lesbare Transponder, denen vor dem Gebrauch ausschließlich eine unveränderbare Nummer zur Identifikation zugeteilt wird (BALDWIN et al., 1973). Technische Fortschritte ermöglichen zusätzlich den Einbau programmierbarer Speicher und von Sensoren in den Chip. Diese komplexen Transponder zeichnen sich gegenüber den nur lesbaren durch einen größeren Datenspeicher und bzw. oder ein integriertes Meßsystem (Sensortechnik) aus (ARTMANN, 1994 a). Diese Transponder werden auch als „multi page“-Transponder bezeichnet (PIRKELMANN, 1994 a). Die heute auf dem Markt erhältlichen injizierbaren passiven Transponder bestehen nur noch aus den vier Teilen Spule, Ferrit, Chip und Gehäuse. Als Antennen werden magnetische Dipole in Form kleiner Spulen mit hochpermeablen Ferritkernen verwendet (BEHLERT, 1989; LAMBOOIJ et al., 1990; ARTMANN, 1992 und 1994 a; PIRKELMANN et al., 1992; WELZ et al., 1992). Für Injektionszwecke eignet sich eine zylindrische Sonde, die im Durchmesser ca. 3 mm und in der Länge ca. 20 mm nicht überschreiten sollte (MOLL, 1990). Durch technische Fortschritte in der Miniaturisierung konnte die Baugröße der Transponder auf Größen von 2,2 x 10 bis 3,6 x 30 mm verkleinert werden, so daß die Injektion in den Tierkörper selbst bei Kleintieren oder Neugeborenen möglich ist (PIRKELMANN, 1992 und 1994 a; ARTMANN, 1994 a). Injektate haben eine geringere Reichweite als bisherige Systeme, da die Miniaturisierung eine Verkleinerung des Spulendurchmessers erforderte. Neben rein physikalischen Gegebenheiten wird der Erkennungsabstand auch von den Tiermaßen und der Injektatgröße, der Zuordnung von der Erkennungslogik zum Tier, der Injektionsstelle am Tier sowie durch gesetzliche Vorschriften

beeinflusst (ARTMANN, 1992). Die Reichweite eines Telemetriesenders wird in erster Linie durch die Faktoren Sendeenergie, Antennenwirkungsgrad und Dämpfung auf dem Übertragungsweg zwischen den Antennen festgelegt (MOLL, 1990). Eine wesentliche Voraussetzung für eine sichere Kennung der Tiere im Stehen und im Laufen ist eine ausreichende, dem Einsatzort angepasste Ausleseeinheit mit einer entsprechenden Antenne. Dabei ist die höchste Auslesereichweite zu erzielen, wenn die Wicklungen der Antenne im Transponder und in der Empfangsantenne gleichgerichtet sind. Eine Richtungsänderung um 90° verringert die Auslesedistanz um ca. 40%. Es wird in der Durchgangserkennung bei Großtieren mindestens eine Kennungssicherheit bei einem Abstand von 50 cm und einer Tiergeschwindigkeit von 3 m/s gefordert (PIRKELMANN et al., 1992; PIRKELMANN und KERN, 1994). Die Lesegeschwindigkeit der verschiedenen Systeme beträgt meist 100 ms, das heißt, daß 10 Auslesungen pro Sekunde theoretisch möglich sind (PIRKELMANN et al., 1992).

Die Lesereichweite sollte laut DZIUK (1990) auch nicht zu groß sein, da sonst Schwierigkeiten bei der Unterscheidung dicht nebeneinanderstehender Tiere entstehen. Die in der Literatur angegebenen bzw. geforderten Lesereichweiten variieren je nach Autor und Jahr sowie nach Tierart und beschriebenem System. Es werden 25 bis 30 cm (NOGGE und BEHLERT, 1990), mindestens 30 cm (WENDL et al., 1990), 30 bis 40 cm (WIEBE, 1990), 30-60 cm (MERKS, 1988), 50-80 cm (NIGGEMEYER, 1991), mindestens 50 cm bei Großtieren und 30 cm bei Kleintieren (PIRKELMANN, 1994 b), mindestens 5 m (HOLM, 1981) oder 6 m (BALDWIN, 1973) für den praktischen Gebrauch als wünschenswert oder erreichbar angegeben bzw. Systeme mit Lesereichweiten von einigen Zentimetern (DORN, 1987), bis zu 30 cm (BEHLERT, 1989), 50 und 100 cm (LAMBOOIJ und MERKS, 1989) und über 100 cm (ZWAFERINK, 1990) verwendet.

2.6.1. Das Material der Transponderummantelung

Unabhängig vom technischen Innenleben ist für die Verträglichkeit der Transponder im Tier die Ummantelung bzw. das Gehäuse ausschlaggebend.

Die Umhüllungen der implantierbaren Transponder bestehen grundsätzlich aus biokompatiblen Keramik, Glas oder Plastik (DZIUK, 1990). In der Literatur wird anfänglich

zum Beispiel von BALDWIN et al. (1973) oder NELSON (1981) der Einsatz von plastikummantelten Transpondern erwähnt. Nach Aussage von SEAWRIGHT (1976) werden Transponder mit Kunststoffummüllungen als inertes Material akzeptiert. Erste Ausführungen mit gewebeverträglichen Kunststoffen haben aber weder hinsichtlich der Stabilität noch in der Dichte befriedigende Ergebnisse erbracht (PIRKELMANN et al., 1992). Pilotstudien mit Transpondern mit einer Polyethylen-Ummantelung ergaben laut GRUYS et al. (1992) Abszesse und Verluste. Die Biokompatibilität von Kunststoffummüllungen wurde von LAMBOOIJ und MERKS (1989) bei Schweinen getestet. Als Ursache für die negativen Resultate dieser Untersuchungen von LAMBOOIJ und MERKS (1989) sehen BEHLERT und WILLMS (1992) die relativ großen Transponder und deren Plastikummantelung. Für eine gute Verträglichkeit der Transponder ist neben der Glasummantelung auch eine sehr kleine Größe entscheidend, da eine geringere Reaktion des Körpergewebes erwartet werden kann (BEHLERT und WILLMS, 1991). LAMBOOIJ et al. (1992) verwendeten Transponder, deren Umhüllung aus einem polyethylenhaltigen Polymer (Terylene[®]) bestand. Sie sehen in diesem verwendeten Material für die Transponderummantelung einen möglichen Grund für die beobachteten subchronischen Entzündungsreaktionen und weisen auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen mit anderen Materialien wie z.B. Glas hin. In mehrjährigen Einsatzversuchen kam es bei kunststoffummantelten Transpondern, die Kälbern am Ohrgrund injiziert wurden, zu mehr als 50 % Funktionsausfälle über die Mastperiode. Die Ursache war unter anderem in der mangelnden Dichtigkeit des Materials zu sehen (PIRKELMANN et al., 1992).

Aufgrund der deutlich besseren Erfahrungen mit inertem Glas kommen heute nur noch glasummantelte Transponder zum Einsatz. Sogenanntes Bioglas vereint die Eigenschaften chemischer Stabilität, hoher Undurchlässigkeit gegenüber Körperflüssigkeiten, guter Verschleißbarkeit mittels Schmelzverfahren und die Fähigkeit, mit dem umliegenden Gewebe zu verwachsen (PIRKELMANN et al., 1992). Für eine lange Lebensdauer der Sonde ist eine hermetisch dichte Kapsel zwingend notwendig, da ansonsten eindringende Körperflüssigkeiten oder Gase die Oberfläche der integrierten Schaltung zerstören können (MOLL, 1990). Behlert (1990) und Wiebe (1990) sprechen von immunologisch indifferentem Glas bzw. von medizinisch sterilem Glas. Die verwendeten Gläser haben eine äußerst geringe Auslaugungsrate der einzelnen Komponenten. BEHLERT und WILLMS (1992) gehen davon aus, daß die noch diffundierenden Komponenten durch eine dünne

Kristallschicht an der Oberfläche die Bildung eines dünnen Saumes von Bindegewebszellen bzw. -fasern bewirken. Die Biokompatibilität und die Einkapselung der Transponder in fibröses Bindegewebe sind von großer Wichtigkeit für ihre erfolgreiche subkutane Anwendung (GRUYS et al., 1993). Von GRUYS et al. (1992 und 1993) wurde in vivo und in vitro die Biokompatibilität glasumhüllter Transponder getestet, die Schweinen subkutan implantiert worden waren. Die Transponder, deren Umhüllungen aus hochgereinigtem weißem Kristallglas oder aus grünem eisenoxidhaltigem Glas bestanden, wurden mittels elektronenmikroskopischer Untersuchung und Röntgenanalyse auf oberflächliche Unreinheiten überprüft. Zur Überprüfung der Biokompatibilität wurden In-vitro-Tests über die Zytotoxizität durchgeführt. Diese beiden Tests zeigten, daß beide Glassorten biokompatibel sind. Sie entsprechen den Kriterien für die Akzeptanz von Implantaten hinsichtlich der Vermeidung von Irritationen nach den EN/ISO-Standards 10993-4 und 10993-5.

Um eine schnellere Verbindung der glatten Oberfläche zum umgebenden Gewebe zu bewirken, wurden Transponder entwickelt, die zum Teil mit einem Kunststoffgewebe als Antimigrationshülse umhüllt waren (PIRKELMANN et al., 1992). SAINT-GERAND et al. (1991) beschreiben den Einsatz von Glastranspondern mit einer Antimigrationshülse aus biokompatiblen Plastik bei Schlittenhunden. ARNDT und WIEDEMANN (1991) geben einen tabellarischen Überblick über die Entwicklung der Indexel[®]-Transponder, deren erste Version mit einem Polypropylenmantel, deren zweite Version als Quarzglasröhrchen und deren dritte Version als Quarzglasröhrchen mit Antimigrationshülse aus Polypropylen an verschiedenen Tierarten getestet wurden.

2.7. Das technische Prinzip der passiven Telemetrie und der Aufbau der Ablesegeräte

In der Anfangsphase der Entwicklung der elektronischen Tierkennzeichnung wurden auf verschiedenen Prinzipien beruhende Systeme zur automatischen Tieridentifikation erarbeitet. In einem automatischen Identifikationssystem muß es eine Übertragungsverbindung zwischen

dem Objekt und dem Erkennungssystem geben, die durch Licht, Geräusche oder elektromagnetische Wellen zustande kommen kann. Von diesen haben die elektromagnetischen Wellen bzw. Radiowellen die größte Bedeutung erlangt (SIGRIMIS et al., 1985). Auf dem „Symposium on Cow Identification Systems and their Applications“ in Wageningen (1976) wurden auf verschiedenen Techniken beruhende Systeme zur automatischen Tieridentifikation vorgestellt (HOLM, 1976). MATYLLA (1983) beschreibt ein System zur automatischen Identifizierung mit Transpondern, das auf einer Infrarot-Strahlen-Technik basiert.

Zur elektronischen Tiererkennung kommen heute Systeme auf der Basis von elektromagnetischer Energie- und Datenübertragung zum Einsatz. Diese Systeme bestehen aus Antwortsendern (Transpondern) als Trägermedien für die Information und einer oder mehreren Sende-Empfangseinheiten (Datenlesegeräte) zur Aktivierung und Auslesung der Transponder. Der Mikrochip des Transponders ist mit einem fixen Code, bestehend aus einer Kombination von Zahlen und Buchstaben (z.B. 7F7F58A496) vorprogrammiert. Über ein von der Antenne der Sende-Empfangseinheit aufgebautes elektromagnetisches Feld werden die nahezu ausschließlich eingesetzten passiven Transponder aktiviert, um über eine vorgegebene Frequenz ein codiertes Signal zur Empfangseinheit zurücksenden zu können. In der Empfangseinheit, die die Identifizierungselektronik und die Stromversorgungseinheit enthält, wird das modulierte Signal decodiert und über eine genormte Schnittstelle dem nachgeschalteten Rechner zugeleitet. So kann die automatisch erfaßte Nummer umfangreiche Kontroll- und Steuerungsaufgaben wahrnehmen. In Verbindung mit injizierbaren Transpondern stehen neben den stationären netzstrombetriebenen Empfangseinheiten auch mobile batteriebetriebene Ausleseeinheiten mit LCD-Anzeige und Nummernspeicher zur Verfügung, die direkt an einen Computer angeschlossen werden können (BALDWIN, 1973; SIGRIMIS und SCOTT, 1984; DORN, 1987; BEHLERT, 1989; BEHLERT, 1990; HAINZLMAIER, 1990; MOLL, 1990; SHERWIN, 1990; WENDL et al., 1990; ZWAFFERINK, 1990; SAINT-GERAND et al., 1991; PIRKELMANN et al., 1992; WELZ et al., 1992; NIGGEMEYER, 1993; ARTMANN, 1994 a). Die Übertragung der Information vom Transponder auf die Empfangseinheit erfolgt entweder im Frequenzmultiplex-Verfahren oder im Zeitmultiplex-Verfahren (MOLL, 1990). Die gesetzlichen Bestimmungen lassen den Betrieb nur auf bestimmten Frequenzen zu. Die verwendeten sehr niedrigen Frequenzen bewegen sich in dem von der Post für diesen Einsatz freigegebenen Bereich von 100 bis 135

kHz. Die zulässige Feldstärke darf in Deutschland maximal 140 mA/m betragen (DORN, 1987; MOLL, 1990; SHERWIN, 1990; WENDL et al., 1990; PIRKELMANN et al., 1992; ARTMANN, 1994 a).

2.8. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Festlegung geeigneter anatomischer Lokalisationen für die subkutane oder intramuskuläre Implantation von Transpondern bei verschiedenen Tierarten

Ein Transponder könnte aufgrund der guten Verträglichkeit grundsätzlich in jede Stelle des Körpers injiziert werden, solange die im folgenden Absatz genannten Anforderungen erfüllt werden. Eine umfassende Nutzung von Injektaten verlangt jedoch für jede Tierart die Festlegung einer einheitlichen Injektionsstelle (LAMBOOIJ und MERKS, 1989; BEHLERT und JES, 1994). Derzeit sind die Injektionsstellen und Stichrichtungen noch nicht standardisiert. Es werden Injektionsstellen von den Injektatherstellern empfohlen (DORN, 1987; ARTMANN, 1992 und 1994 b; PIRKELMANN und KERN, 1994).

Wichtig bei der Festlegung des Injektionsortes ist es, eine Stelle zu wählen, die keine Tierbehinderung sowie keine Migration oder mechanische Zerstörung des Transponders erwarten läßt, die eine gute Position zur Informationsübertragung sowohl bei mobilen als auch bei stationären Systemen ermöglicht, bei der keine wertvollen Fleischpartien betroffen sind und die Tierhautverwertung nicht beeinträchtigt wird, die geeignet ist zur Erfassung von Meßwerten im Tier und dennoch ein schnelles und sicheres Entfernen am toten Tier ermöglicht (ARTMANN, 1992 und 1994 b; GRUYS et al., 1992; KIMBERLING, 1992; PIRKELMANN, 1994 b). Das Ohr ist eine bevorzugte Stelle für die Aufzeichnung der Körpertemperatur aufgrund der Nähe zum hypothalamischen Thermoregulationszentrum (SEAWRIGHT, 1976). Nach ersten Untersuchungen eignet sich der Ohrbasisbereich für den Einsatz von mit Temperatursensoren kombinierten Transpondern (LAMBOOIJ und MERKS, 1989; PIRKELMANN und KERN, 1994).

Nach der Überprüfung einer Vielzahl von Körperstellen zeichnet sich bei allen Tieren eine Konzentrierung der Injektion auf den Kopf-/Halsbereich ab (PIRKELMANN et al., 1992). Im folgenden sind die Untersuchungsergebnisse nach den einzelnen Tierarten zusammengestellt:

Schweine:

Weitgehend übereinstimmend wird beim Schwein das Ohr bzw. die Ohrbasis als Lokalisation für Injektate vorgeschlagen (LAMBOOIJ und MERKS, 1989 und 1990; DE JONG, 1990; VAN DEN WEGHE, 1990; LAMBOOIJ, 1991 b; NIGGEMEYER, 1991; LAMBOOIJ, 1992; GRUYS et al., 1993; LÜTJENS, 1994; LAMMERS et al., 1995). In einer Studie untersuchten LAMBOOIJ und MERKS (1989) unter anderem die optimale Transponderlokalisierung bei Schlachtschweinen. Zusammengefaßt plazierten sie die Transponder bei ca. vier Wochen alten Ferkeln an folgenden acht Körperstellen: intramuskulär in den Hals direkt hinter dem Ohr, intramuskulär in den Nacken direkt hinter dem Schädel, subkutan an der Kopfoberseite (Stirn), subkutan cranial des Ohres, subkutan im Bereich des Unterkiefers, subkutan in das Hinterbein und subkutan in den Bereich der Ohrbasis und der äußeren Ohrmuschel. Anhand ihrer Untersuchungsergebnisse ziehen sie den Schluß, daß beim Schwein die Ohrbasis die geeignete Implantationsstelle für einen Transponder ist. Zu dem gleichen Ergebnis kamen LAMBOOIJ et al. (1992), die für ihren Versuch insgesamt 72 Transponder bei Ferkeln im Bereich der rechten und der linken Ohrbasis injizierten. LAMBOOIJ (1992) untersuchte drei verschiedene Implantationsstellen am Ohr, indem er 149 Ferkeln Transponder der Größen 3,0 x 18 mm und 3,5 x 18 mm subkutan im dorsalen Bereich, in der Mitte und der Basis der Ohrmuschel implantierte. Im Vergleich war an der Ohrbasis die Injektion am leichtesten durchzuführen, und es traten die geringsten Verluste auf. Die Größe der Transponder und die Lokalisation im Ohr standen im Zusammenhang, denn die Verluste der Transponder mit einem Durchmesser von 3,5 mm stiegen signifikant an, wenn sie in der Mittelposition implantiert worden waren. Auch nach Aussage von GRUYS et al. (1993) ist die Ohrbasis beim Schwein als Injektionsstelle sehr gut geeignet. Die Transponder konnten bei allen 55 untersuchten Schweinen zum Zeitpunkt der Schlachtung im Bereich der Ohrbasis leicht aufgefunden und entnommen werden. LÜTJENS (1994) implantierte 459 Ferkeln Transponder subkutan an der Ohrbasis und bezeichnet diese Injektionsstelle als vorteilhaft, da die Transponder leicht wiedergefunden werden konnten. Auch nach VAN DEN WEGHE

(1990) hat sich beim Ferkel die Ohrbasis als günstig erwiesen; eine Implantation ist im Alter von vier Wochen möglich. LAMMERS et al. (1995) implantierten Transponder im Bereich der Ohrbasis in einem Abstand von 1 cm vom Ohransatz bzw. dem Übergang vom Ohr zum Kopf. Die Implantation erwies sich hier bei 10 Tage alten Ferkeln als schwierig, bei vier Wochen alten Ferkeln als gut durchführbar. Laut DE JONG (1990) und NIGGEMEYER (1991) hat sich der Ohrgrund hinter der Ohrmuschel als optimale Stelle bewährt. Die Entnahme der Transponder auf dem Schlachthof bei über 4000 Schweinen war praktikabel, wenn sie direkt an der Ohrmuschel implantiert wurden.

DORN (1987) und DZIUK (1990) wählten als Stelle für die Implantation bei Schweinen, Rindern und Schafen die Analfalte als Sitz der Kennzeichnung. Dieser Bereich wird als geeignet bezeichnet, unter anderem weil beim Schwein bei der Schlachtung das Rektum zusammen mit dem Transponder entfernt wird.

Rinder, Schafe und Ziegen:

In den 70er und 80er Jahren wurden bei Rindern zunächst vereinzelte Versuche mit Lokalisationen durchgeführt, die sich für den praktischen Gebrauch nicht durchsetzen konnten. Rindern wurden Transponder subkutan caudo-ventral des Widerrists implantiert (SEAWRIGHT, 1976; NELSON, 1981). Beim Rind wurde laut SEAWRIGHT (1976) der Pansen als Implantationsstelle vorgeschlagen. HANTON (1981) erzielte positive Ergebnisse mit dem Einsatz von codierten Radiotransmittern als Pansenimplantate, die oral zu verabreichen waren. DORN (1987) wählte als weitere geeignete Stelle für die Implantation bei Rindern auch die Analfalte. HASKER et al. (1992 b) plazierten unter anderem bei 98 jungen Ochsen die Transponder subkutan im Analbereich und bezeichneten diese Stelle als fraglich hinsichtlich der Entnahme. Bei Verwendung dieser Lokalisation beim Rind sollte die Injektion des Transponders beinwärts (dorso-ventral) erfolgen, da nach Injektionen in Kopfrichtung einige Transponder am Tag nach der Injektion im Kot gefunden werden konnten (LAMBOOIJ, 1990). GRAHAM (1989) beschreibt eine vergleichende Untersuchung von sieben verschiedenen Implantationsstellen am Kopf bei Rindern mit dem Ergebnis, daß sich die Fossa supraorbitalis hinsichtlich Erhaltung der Funktionsfähigkeit bis zum Zeitpunkt

der Zerlegung als Implantationsstelle eignet. Beim Rind wird neben dem Ohr von der Firma NEDAP auch die Oberlippe empfohlen (ARTMANN, 1994 b).

Der überwiegende Anteil der Autoren kam zu dem Ergebnis, daß sich der Ohrbereich eignet. LAMBOOIJ (1990), POLLITT (1990), WENDL et al. (1990, 1991), WADE et al. (1991) und LUINI et al. (1994) treffen die Aussage, daß sich bei Rindern bzw. Kälbern das Ohr bzw. die Ohrbasis als Implantationsstelle bewährt. WADE et al. (1991) implantierten 50 Färsen Transponder subkutan im Bereich der Schulter Spitze bzw. des Halskammes, bezeichnen aber aufgrund der Gefahr, daß Transponder in die Nahrungskette gelangen können, das Ohr als geeigneter. LUINI et al. (1994) untersuchten bei 82 Rindern das Ohr, die Achselhöhle, die Kniefalte und den Perianalbereich als Implantationsstellen mit dem Ergebnis, daß sich das Ohr und die Achselhöhle am geeignetsten erwiesen. FALLON und ROGERS (1991), NELSON (1991), HASKER et al. (1992 a), PIRKELMANN et al. (1992), SPAHR (1992), PIRKELMANN und KERN (1994) kommen anhand vergleichender Untersuchungen zu der Aussage, daß beim Rind die Platzierung der Injektate unter dem Dreiecksknorpel (Scutulum) über dem Ohransatz, wie sie erstmals von FALLON vorgeschlagen wurde, zu bevorzugen ist. Als ein Ergebnis dieser Untersuchungen werden die Transponder beim Rind derzeit nur noch unter den scutiformen Ohrknorpel implantiert. Nach Aussage von PIRKELMANN und KERN (1994) wird die Transponderablage unter dem Dreiecksknorpel (Scutulum) hinsichtlich der Ortsstabilität und des Schutzes vor mechanischen Beschädigungen als brauchbarer Vorschlag für eine allgemein verbindliche Injektionsstelle bezeichnet. Für die Ablage unter den Ohrknorpel (Scutulum) wurden verschiedene Injektionsrichtungen erprobt. Die Injektionsrichtung wurde in Richtung Hinterhauptsbein gewählt (PIRKELMANN et al., 1992).

DZIUK et al. (1992) implantierten 400 Schafen und 200 Schweinen keramikumhüllte Transponder in Ohr, Flanke oder Analbereich, und der Analbereich erwies sich hinsichtlich bestmöglicher Ablesung und geringster Ausfallquote als geeignet. KIMBERLING (1992) plazierte beim Schaf Transponder perirektal, interdigital, im Bereich der Fossa supraorbitalis, unter den Ohrknorpel (Scutulum) sowie subkutan auf dem Ohrknorpel und bezeichnete den Ohrknorpel (Scutulum) als ideale Implantationsstelle.

Pferde:

GABEL et al. (1987 und 1988) und KONERMANN (1994) führten jeweils an 69 bzw. 37 Pferden Versuche zur praktischen Anwendung von Transpondern durch. Die Transponder wurden im Bereich der linken Halsseite in der Mitte zwischen Genick bzw. Ohrgrund und Widerrist intramuskulär in einer Tiefe von ca. 5 cm (GABEL et al., 1987 und 1988) bzw. 3 bis 4 cm (KONERMANN, 1994) bei erwachsenen Pferden und ca. 2,5 cm bei Fohlen (GABEL et al., 1987 und 1988) 10 cm ventral der Mähne in den lateralen Halsmuskel oder in das Ligamentum nuchae implantiert. Im Hinblick auf die Fixierung des Transponders im Gewebe hat sich die intramuskuläre Implantation in den Halsmuskel als optimal erwiesen. Als Einschränkung wird genannt, daß Pferdefleisch auch zur Gewinnung von Lebensmitteln dienen kann und die Entnahme schwierig ist. Bei Fohlen implantierten SCHMITT und KATONA (1994) ebenfalls Transponder intramuskulär ca. 3 bis 4 cm tief in den Halsteil des Rautenmuskels auf der rechten Halsseite. Von DORN (1987) wurden Pferde auf der linken Halsseite im oberen Bereich des Muskulus rhomboideus cervicis, d.h. in der Mitte zwischen Ohren und Widerrist etwa 2,5 bis 5 cm unter dem Mähnenkamm intramuskulär mit Transpondern gekennzeichnet. Der Ort der Implantation wurde beim Pferd an dieser Stelle gewählt, weil an tieferen Stellen häufig intramuskulär Arznei- und Impfstoffe injiziert werden.

Heim-, Zoo-, Wild- und Versuchstiere:

WHITE (1989) schlägt vor, daß Hundewelpen Transponder im Nackenbereich implantiert werden sollten. TAYLOR (1990) implantierte Hunden die Transponder subkutan im Bereich des Widerristes, da diese Stelle als geeignet für die Implantation und die Scannung beschrieben wird. Im Rahmen eines Ausrottungsprogrammes gegen die Echinococcose in Sardinien wurden mit positivem Ergebnis 5600 Hunden Glastransponder subkutan auf der linken Halsseite zwischen Ohr und Schulterblatt implantiert (HÜTHER, 1994). Die Firma Destron I.D.I. schlägt die subkutane Implantation zwischen den Schulterblättern von Hund und Katze vor (DESTRON ANNUAL REPORT, 1992). FAGERSTONE (1987) implantierte 40 Frettchen Transponder subkutan am Kopf medial der Ohren. In keinem Fall konnte eine Lageveränderung des Transponders festgestellt werden. BEHLERT und JES (1994) heben die Wichtigkeit der Festlegung einer einheitlichen Injektionsstelle hervor. Den Tieren des Kölner Zoos wurden alle Transponder subkutan auf der linken Halsseite implantiert, Schlangen etwa in der Halsmitte. BEHLERT (1987, 1989 und 1990) wählte als Lokalisationen für größere

Säugetiere die rechte Seite des Halses knapp unterhalb der Mähne, für kleine Säugetiere die rechte Seite s.c. vor dem Schultergelenk, für Vögel die Brustmuskulatur oder den Oberschenkel i.m., für Schlangen und Echsen die rechte Seite hinter dem Kopf bzw. vor der Schulter s.c., für Fische die Rückenmuskulatur hinter der Rückenflosse und für Schildkröten den Oberarm am Übergang der geschuppten zur glatten Haut. Nach WOLFENSOHN (1993) erwiesen sich bei Makaken der Handrücken und der Ellenbogen als geeignet. GANDINI et al. (1994) untersuchten den Einsatz von Implantaten bei Psittaciden und Wachteln und konnten nach intramuskulärer Implantation in den Pectoralmuskel oder subkutaner Implantation im Hals-/Nackengebiet keine negativen Auswirkungen auf Gesundheit oder Verhalten feststellen. HEIDENREICH und KÜSPERT (1994) führten eine vergleichende Untersuchung über Implantationsstellen beim Falken durch und kamen zu dem Ergebnis, daß die einzig medizinisch vertretbare Lokalisation für einen Transponder die lockere Unterhaut im Bereich des Nackens ist, während die Empfehlungen anderer Autoren bezüglich einer intramuskulären Implantation in den Brustmuskel aufgrund einer festgestellten Wanderung der Transponder in Frage gestellt wird. ADAM et al. (1994) implantierten Fischen ab einer Körperlänge von 15 cm Transponder subkutan in die dorsolaterale Region zwischen Kopf und Rumpf und stellten eine schnelle Einheilung fest.

2.9. Die Behandlung bzw. Desinfektion der Injektionsstellen, Transponder und Implantationskanülen vor der Implantation

Einige Autoren lassen die angewendeten Desinfektionsmaßnahmen bzw. -mittel unerwähnt, während die unten angeführten Autoren diese mehr oder weniger detailliert ansprechen, ohne auf genaue Untersuchungsergebnisse einzugehen. Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung zur Anwendung verschiedener Desinfektionsmaßnahmen führen ausschließlich LAMBOOIJ und MERKS (1989) an.

Zur Vermeidung einer Entzündungsreaktion wurden von LAMBOOIJ UND MERKS (1989) in vier Versuchen die folgenden Methoden der Transponder- und Kanülenbehandlung angewendet. Bei Ferkeln wurden jeweils 2 ml des Antibiotikums Depomycine® um die

intramuskulär platzierten Transponder injiziert. Weiterhin wurden mit zuvor in Betadine® desinfizierten Nadeln Transponder intramuskulär implantiert, die zuvor in Erythromycine® Vet 200 oder Betadine® eingebettet waren, oder es wurden sterile Transponder implantiert, die zuvor nicht in eine Desinfektionslösung eingebettet worden waren. Weitere in Betadine® eingebettete Transponder wurden an verschiedenen Stellen implantiert. Die Untersuchungsergebnisse führten zu keiner eindeutigen Bevorzugung einer Methode. LAMBOOIJ und MERKS (1989 und 1992) entschieden sich jedoch wegen des Infektionsrisikos in der Praxis für die Verwendung einer begrenzten Menge des Desinfektionsmittels Betadine®, die jeweils zu den Transpondern in ihre Verpackungskapsel gefüllt wird und für eine Desinfektion der Injektionsnadel nach jeder Implantation in Betadine®. Ebenso verwendeten LAMBOOIJ et al. (1992) in Betadine® eingebettete Transponder. LAMBOOIJ (1992) setzte bei der Implantation an 149 Schweinen mit einer Injektionspistole Savlon® (ICI Pharmaceuticals, Wilmslow, UK) als Desinfektionsmittel ein. LAMMERS et al. (1995) verwendeten Transponder, die sich in einem Magazin in Savlon® (ICI Pharmaceuticals, Wilmslow, UK) eingebettet befanden. DZIUK (1990) tauchte die Transponder und das Implantationsgerät aus rostfreiem Stahl vor jeder Implantation in 70%igen Alkohol und machte mit dieser Methode positive Erfahrungen. GRUYS et al. (1992 und 1993) verwendeten bei der Implantation an Schweinen Povidone-Iodine als Antiseptikum. Es konnten keine negativen Effekte dieses Desinfektionsmittels bei den In-vivo-Versuchen beobachtet werden. Bei Pilotversuchen ohne Desinfektionsmittel bildeten sich einige Abszesse, die verdeutlichten, daß eine antiseptische Vorbehandlung notwendig war. Die BHZP-Erzeuger Westfalen e.G. hat mehrere tausend Mastferkel in verschiedenen Betrieben mit Injektaten gekennzeichnet, die in Jodlösung eingebettet und steril verpackt waren. Die Nadel wurde vor jeder Kennzeichnung desinfiziert, Jodpaste an der Einstichstelle sollte für schnelle Wundheilung sorgen. Bei mangelnder Hygiene können Entzündungen und eine erhöhte Transponderverlustquote auftreten (NIGGEMEYER, 1993). KONERMANN (1994) verwendete für die Kennzeichnung von Pferden Implantate, die sich in einem jodhaltigen Desinfektionsmaterial befanden. Die jeweilige Implantationsstelle wurde bei einem Teil der Tiere mit einigen Scherenschlägen geschoren und bei allen Tieren mit Alkohol desinfiziert. Die Transponder für die Implantation bei Pferden wurden von GABEL et al. (1987 und 1988) in Chlorhexidin-Lösung desinfiziert. Die Implantationsstelle wurde vorbereitet, indem die Haare abgeschnitten und die Haut mit einer Chlorhexidinlösung (Novalsan®: Fort Dodge) abgerieben wurde. KIMBERLING (1992) hält beim Schaf den

Einsatz eines Desinfektionsmittels auf Chlorhexidin- oder Jodbasis zur Nadeldesinfektion zwischen den Implantationen für notwendig. Laut DORN (1987) werden die Einwegimplantationsnadeln des EURO I.D.-Systems, in denen der Transponder sitzt, sterilisiert und mit einer Plastikscheide überzogen geliefert. Die Implantationsstelle sollte laut Empfehlung durch Scheren von Haaren bzw. Auszupfen von Federn mit nachfolgendem intensivem Desinfizieren vorbereitet werden. BEHLERT (1987) desinfizierte die Implantationsstelle bei Zootieren mit 70%igem Alkohol. Jede Implantationsnadel und jeder Transponder waren bei dem von TAYLOR (1990) bei Hunden verwendeten System steril verpackt in einer verschlossenen Hülle. Die Injektionsstelle wurde bei Hunden und Katzen nicht besonders vorbereitet, sondern nur mit Alkohol abgewischt und ohne Anästhesie s.c. und i.m. injiziert (ARNDT und WIEDEMANN, 1991). FAGERSTONE (1987) desinfizierte für die Implantation bei Frettchen das Implantiergerät aus Metall, die Nadel und die Transponder mit Novalsan Solution® (Fort Dodge Lab., Iowa). Die Injektionsstelle wurde mit Benzalkoniumchlorid-Lösung (1:750) gereinigt.

PIRKELMANN et al. (1992) und PIRKELMAN und KERN (1992, 1994) erwähnen, daß die Transponder mit einem pastösen oder flüssigen Desinfektionsmittel versehen oder steril verpackt waren. WENDL et al. (1990) verwendeten ein Desinfektionsmittel, in das jeder Transponder in der Verpackungskapsel eingebettet war und in dem auch die Nadel nach jedem Wechsel eines 10er Magazins desinfiziert wurde. LAMBOOIJ (1990) empfiehlt den Einsatz eines Desinfektionsmittels aufgrund der oft unzureichenden hygienischen Bedingungen in der Praxis. HASKER et al. (1992 b) implantierten Transponder, die in ein Desinfektionsmittel eingebettet waren. In diesen fünf Fällen wird das Desinfektionsmittel nicht genannt. PIRKELMANN und KERN (1994) weisen darauf hin, daß für den Injektionserfolg ein hygienisches Vorgehen und eine regelmäßige Reinigung der Nadel wichtig ist, ohne diese näher zu beschreiben. Das injizierte Material muß sicher und steril sein und das Auftreten lokaler und allgemeiner Reaktionen verhindert werden (SAINT-GERAND et al., 1991).

2.9.1. Die verwendeten Desinfektionsmittel Ethanol 70% und das Chlorhexidin-Cetrimid-Kombinationspräparat Savlon®

Ethanol ist ein einwertiger aliphatischer Alkohol, dessen Wirkungsoptimum bei 70 bis 80 % liegt. Die einwertigen aliphatischen Alkohole wirken keimtötend und proteindenaturierend. Bakteriensporen werden nicht abgetötet. Die Alkohole zeichnen sich durch einen schnellen Wirkungseintritt aus, weshalb sie zur Händedesinfektion und Sprühdeseinfektion von Geräten und Gegenständen Verwendung finden. Zur Instrumentendeseinfektion genügt Alkohol allein nicht. Da die Alkohole schnell verdunsten, endet die Wirkung schon nach kurzer Zeit (FORTH et al., 1983; KUSCHINSKY und LÜLLMANN, 1989; HUBER, 1988; MUTSCHLER, 1991; ESTLER, 1992). Laut HUBER (1988) wird Ethanol in der Medizin in der Regel als eines der besten antiseptischen und desinfizierenden Substanzen angesehen.

Cetrimid gehört als quartäre Ammoniumverbindung zur Gruppe der kationischen Detergentien, die auch als Invertseifen bezeichnet werden. Quartäre Ammoniumverbindungen besitzen eine bakterizide Wirkung auf grampositive und einige gramnegative Bakterien. Sporen werden nicht abgetötet, und gegen Viren besteht nur eine geringe Wirksamkeit. Bakterizid wirken quartäre Ammoniumverbindungen nur im alkalischen Bereich, nicht im sauren, und durch Eiweiß, Eiter, Serum etc. werden sie inaktiviert. Alkoholische oder wässrige Lösungen werden vor allem zur Haut-, Schleimhaut- und Wunddeseinfektion eingesetzt (HUBER, 1988; BRANDER et al., 1991; HARTKE et al., 1991; MUTSCHLER, 1991). Quartäre Ammoniumverbindungen penetrieren gut in die obere Hornschicht und werden daher als 0,05-0,2%ige Lösungen in großem Umfang zur Händedesinfektion eingesetzt. Nur zuvor sterilisierte Instrumente können in Invertseifenlösungen aufbewahrt werden (MUTSCHLER, 1991). BRANDER et al. (1991) sprechen von dem Einsatz 1%iger Lösungen für die Hautreinigung und Wundbehandlung sowie für die Instrumentendeseinfektion. Laut PHARMAZEUTISCHER STOFFLISTE (1990) werden 0,005-0,1%ige Lösungen zur Wundreinigung, 0,5-1,0%ige Desinfektionslösungen sowie 0,1%ige Lösungen als Konservierungsmittel eingesetzt.

Chlorhexidin ist ein Biguanid und gehört zu den chlorierten Phenol-Derivaten. Chlorhexidin ist ein Desinfektionsmittel, dessen Wirkspektrum insbesondere grampositive, aber auch viele gramnegative Bakterien und einige Viren und Pilze umfaßt. Indikation für das schnell

wirkende Chlorhexidin ist die Desinfektion von Haut und Schleimhaut sowie chirurgischer Instrumente. Die Wirksamkeit bleibt in Anwesenheit von Gewebsflüssigkeit oder Eiter und auch anderer Antiseptika wie Quartäre Ammoniumbasen erhalten (HUBER, 1988; BRANDER et al., 1991; HARTKE et al., 1991; MUTSCHLER, 1991; PHILLIPS et al., 1991; ESTLER, 1992). Laut HUBER (1988) ist Chlorhexidin eines der wichtigsten chirurgischen Antiseptika und das wichtigste Munddesinfektionsmittel. Eine 0,1%ige wässrige Lösung tötet 99,99 % aller *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* und *Pseudomonas aeruginosa* in 15 Sekunden ab. Es wird routinemäßig in 4%iger Lösung zur präoperativen Hautreinigung, zur Wundreinigung und zur allgemeinen prophylaktischen Desinfektion verwendet. Chlorhexidin wurde in 0,2- bis 5%iger oder höherer Konzentration in zahlreichen Studien über die Zitendesinfektion nach dem Melken mit positivem Effekt verwendet. KUSCHINSKY und LÜLLMANN (1989) sprechen von einer Anwendung in 0,1%iger Lösung zur Desinfektion von Instrumenten und Geräten und HARTKE et al. (1991) je nach Indikation von einer 0,01%igen (z.B. zur Wunddesinfektion) bis 0,5%igen (z.B. zur chirurgischen Hände- und Instrumentendesinfektion) Konzentration.

Savlon® (ICI Pharmaceuticals, Wilmslow, UK) ist eine Lösung aus 1,5 % Chlorhexidingluconat und 15 % Cetrimide in destilliertem Wasser. Eine Verdünnung von 1:100 wird für die Oberflächendesinfektion empfohlen (GALLÉ und VENKER-VAN HAGEN, 1986). Savlon® ist eine antimikrobielle Zubereitung mit reinigenden Eigenschaften für allgemeine antiseptische Maßnahmen, die nur für den oberflächlichen Gebrauch zugelassen ist und bei oraler Anwendung oder Injektion toxisch wirkt. Das Konzentrat kann nach Empfehlung des Herstellers in einer Verdünnung von 1:100 (=1 %iger Lösung) unter anderem zur Reinigung und antiseptischen Behandlung von Wunden und Verbrennungen sowie zur Reinigung und Desinfektion von Metallinstrumenten und Gerätschaften angewendet werden. Eine Verdünnung von 1:30 (35 ml Savlon in 1 l Wasser) wird für die Reinigung und Desinfektion von verschmutzten Instrumenten und die Reinigung und Desinfektion von Wunden und Verbrennungen, die eine stärkere Reinigung und Antisepsis benötigen, empfohlen (ICI PHARMACEUTICALS, 1991).

2.10. Die Implantation der Transponder

Einige Autoren weisen auf die Notwendigkeit einer ausreichenden Fixierung des Tieres während der Implantation hin (DORN, 1987; GABEL et al., 1987 und 1988; PIRKELMANN et al., 1992; KONERMANN, 1994; LÜTJENS, 1994; PIRKELMANN und KERN, 1994). Bei Pferden bestanden die Maßnahmen zur Fixierung zum Zeitpunkt der Implantation in den meisten Fällen ausschließlich aus einem festen Halten des Halfters. In wenigen Fällen mußten Zwangsmaßnahmen zur Fixierung eingesetzt werden (GABEL et al., 1987, 1988; KONERMANN, 1994).

Der überwiegende Teil der Autoren erwähnt nicht ausdrücklich, ob die Implantation an anästhesierten oder nicht anästhesierten Tieren durchgeführt wurde. In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, daß die Tiere weder einer Allgemein- noch einer Lokalanästhesie unterzogen wurden. PIRKELMANN et al. (1992) und PIRKELMANN und KERN (1994) weisen darauf hin, daß die Injektion in der Regel ohne lokale Anästhesie durchgeführt werden kann. Bei WENDL et al. (1990) erfolgte die Implantation ausdrücklich ohne die Verwendung von Beruhigungs- oder Betäubungsmitteln. LAMBOOIJ und MERKS (1989) stellten fest, daß sowohl bei anästhesierten als auch bei nicht anästhesierten Ferkeln die Injektion der Transponder leicht durchführbar ist (WENDL et al., 1990). BEHLERT (1990) führte die Injektion auch bei sehr kleinen Tieren, wie z.B. Sperlingspapageien, ohne Betäubung durch, ebenso wie ARNDT und WIEDEMANN (1991) bei Hunden und Katzen. DORN (1987) empfiehlt, bei Kleintieren die Implantationsstelle mit Chloräthyl unempfindlich zu machen. FAGERSTONE (1987) anästhesierte die Frettchen für die Implantation der Transponder. Da es bei ca. 5500 Implantationen von Traberfohlen zweimal durch heftige Abwehrbewegungen zu Hautverletzungen kam, weisen SCHMITT und KATONA (1994) darauf hin, daß bei vorheriger Lokalanästhesie eine Abwehrbewegung ausbleibt, sich dadurch jedoch geringfügig die Gefahr von Nachblutungen erhöht.

2.10.1. Der Aufbau der Implantationsgeräte

Für die Injektion von Transpondern stehen verschiedene Geräte zur Verfügung. Die „Single shot“-Geräte müssen jeweils einzeln geladen oder mit transpondergefüllten Einwegnadeln

bestückt werden, das heißt sie fassen jeweils nur einen Transponder. Die „Multi shot“-Geräte besitzen Transpondermagazine und sind dadurch leistungsfähiger bei der Injektion größerer Tierzahlen. Die Injektionsnadeln gibt es als geschlossene oder halboffene Hohladeln. Für eine sichere Ablage des Transponders sollte die Gewebeüberdeckung nach der Injektion mindestens 1 cm betragen (PIRKELMANN et al., 1992; PIRKELMANN und KERN, 1994). Bei der Verwendung halboffener Nadeln, die aufgrund des festen Transpondermaterials möglich ist, wird die Haut nur leicht eingeschnitten und für das Einstechen der Nadel weniger Kraft benötigt. Dadurch soll die Wunde schneller heilen und das Tier weniger belastet werden. Geschlossene Nadeln verursachen hingegen Verletzungen und das Ausstanzen von Hautstücken (LAMBOOIJ, 1990).

Mehrere Pharmahersteller haben Injektionspistolen entwickeln lassen, mit denen subkutan oder intramuskulär Hormone appliziert werden. Diese Pistolen sind an die Anforderungen für die Transponderinjektion angepaßt worden. Das Magazin kann mehrere - häufig zehn - Transponder beinhalten (LAMBOOIJ, 1990). LAMBOOIJ und MERKS (1989 und 1992), WENDL et al. (1990) und LAMMERS et al. (1995) verwendeten für die Implantation eine derartige Injektionspistole. Nachdem die Stahladel der Pistole die Haut durchdrungen hat, wird durch Auslösen des Druckmechanismus der Transponder durch einen Stab an die vorgesehene Stelle geschoben und beim Herausziehen der Nadel dort festgehalten. DE JONG (1990), WIEBE (1990) und HASKER et al. (1992 b) erwähnen die Verwendung von 10er-Magazinen. WIEBE (1990) bezeichnet jedoch die Entwicklung von 100er-Magazinen, an der derzeit gearbeitet wurde, als notwendig, um schnell und effizient zu injizieren. Von der Firma NEDAP wurde ein Injektionsstift mit automatischer Auslösung entwickelt (DE JONG, 1990). Dieser Implantationsstift, der ca. 10,5 cm x 1,9 cm groß ist, wurde von KONERMANN (1994) für die Implantation von Transpondern beim Pferd verwendet. Der Implantationsvorgang selbst läuft nach Einstechen der Nadel weitestgehend automatisch ab. Bei dem von GABEL et al. (1987 und 1988) bei Pferden eingesetzten Implantiergerät wurden die Transponder einzeln von Hand geladen. Das Implantationsgerät des EURO I.D.-Systems besitzt laut DORN (1987) einen sprungfedergeladenen Mechanismus, der es erlaubt, den Transponder in das Gewebe einzupflanzen, indem sich die Nadel nach Erreichen des gewählten Ortes zurückzieht und am tiefsten Sitz der Nadelspitze den Transponder absetzt. NOGGE und BEHLERT (1990) sowie FAGERSTONE (1987) benutzten bei Zoo- bzw. Wildtieren ein spritzenähnliches Implantiergerät. In Großbritannien wurden im Hundeheim

Battersea insgesamt 4887 Hunden ein Transponder mit einem Implantiergerät aus leichtem Plastik implantiert, das jeweils mit einer 25er-Packung Transponder geliefert wurde. Es wurde jedoch als verbesserungsbedürftig bezeichnet (TAYLOR, 1990).

2.11. Die Biokompatibilität der Injektate

Die Biokompatibilität der Injektate wurde bei verschiedenen Tierarten anhand der klinischen, makroskopischen und histologischen Untersuchungen der Implantationsstelle überprüft.

2.11.1. Die klinischen Untersuchungen von Implantationsstellen bzw. die makroskopischen Untersuchungen des den Transponder umgebenden Gewebes

Mehr als 5000 Tieren verschiedener Tierarten wurden NEDAP-Transponder mit Hilfe des Injektionsstiftes mit halboffenen Nadeln injiziert. Entzündungen kamen nur sporadisch vor, und die Wundheilung verlief sehr rasch. Innerhalb von zehn Tagen war das Injektat von einer geschlossenen Bindegewebshülle umgeben (DE JONG, 1990). PIRKELMANN und KERN (1994) konnten zusammenfassend bei einer Vielzahl an injizierten Versuchstieren in keinem Fall eine Entzündung oder eine Abstoßung des Transponders beobachten. Bei ordnungsgemäßer Injektion schloß sich der Einstich innerhalb weniger Tage und nach spätestens drei Wochen war die Wunde völlig verheilt. Einer Zusammenfassung von ARNDT und WIEDEMANN (1991) von verschiedenen Untersuchungsergebnissen über den Einsatz verschiedener Generationen von INDEXEL[®]-Transpondern bei unterschiedlichen Tierarten (Säugetieren, Fischen, Amphibien, Reptilien und Vögeln) ist ebenfalls zu entnehmen, daß Implantate klinisch und histologisch in der Regel keine bzw. geringe Entzündungsanzeichen hervorrufen.

Schweine:

LAMBOOIJ et al. (1992) untersuchten nach der Implantation bei Ferkeln das Injektionsgebiet täglich adspektorisch und palpatorisch. Während der ersten sechs Tage wurden bei der klinischen Untersuchung in 15 von 40 Fällen entzündliche Reaktionen in Form von Hyperämie, ödematöser Schwellung der Subkutis und geringer purulenter Exsudation an der Injektionsstelle beobachtet. Nach dem 3. Tag nahm die Anzahl der Tiere mit derartigen Symptomen allmählich wieder ab. Ab dem 7. Tag trat eine zweite Serie von Entzündungssymptomen auf, die ihren Höhepunkt am 11. bis 13. Tag erreichte. Nach dem 13. Tag entwickelten sich bei wenigen Ferkeln Schwellungen an der Injektionsstelle, die durch lokalisierte fluktuierende Flüssigkeitsmengen verursacht wurden. Es wird vermutet, daß diese durch die Injektion von Haaren und Hautgewebe hervorgerufen wurden. LAMBOOIJ und MERKS (1990) und LAMBOOIJ (1990) vergleichen die Verletzung, die durch die Injektion entsteht, mit einem leichten Schnitt in die Haut, wobei die Wunde der Oberhaut nach sechs bis sieben Tagen verheilt, während die Regeneration der Unterhaut ca. drei Wochen dauert. Bei der Injektion kann eine Blutung entstehen, die schnell zum Stillstand kommt. Obwohl die Transponder in Desinfektionsmittel eingelegt wurden, stellten LAMBOOIJ und MERKS (1989 und 1990) bei bis zu 5 % der Schweine, seltener aber bei Rindern, eine Infektion bzw. einen Abszeß fest. Die Tiere zeigten keine weiteren Krankheitszeichen (LAMBOOIJ, 1990). In einem Feldversuch testeten AARTS et al. (1992 und 1993) insgesamt 12500 Transponder in vier Versuchs- und in 12 kommerziellen Betrieben, die Ferkeln zum Zeitpunkt des Absatzens subkutan an der Ohrbasis implantiert wurden. In den Versuchsbetrieben traten nach einer Woche bei 2,7 % und nach drei Wochen bei 2,2 % der Tiere und in den kommerziellen Betrieben nach drei Wochen bei 0,6 % der Tiere Entzündungssymptome auf. In kommerziellen Betrieben wurden weniger Entzündungen registriert, da die Desinfektionstechniken verbessert wurden und die Untersuchungen in Versuchsbetrieben genauer waren. Der Einsatz von drei verschiedenen Identifikationssystemen der Hersteller Texas Instruments, Nedap LS und Superior Identification Systems (d.i. Destron) wurde an Mastschweinen getestet. Bei 1 % der Tiere wurden drei Wochen nach der Injektion Abszesse beobachtet. Im Schlachtkörper fanden sich bei 1,5 % der Tiere (100 % = 687 Mastschweine) kleine Abszesse um das Injektat. Äußerlich sichtbare Infektionen an der Einstichstelle stellten kein großes Problem dar (Ter Wee, 1990). LAMMERS et al. (1995) konnten nur bei einem von 204 Transpondern, die Ferkeln im Bereich der Ohrbasis implantiert wurden, bei der Entnahme purulentes Exsudat um den

Transponder finden. Weitere Entzündungsanzeichen wurden nicht festgestellt. AARTS et al. (1991) implantierten 3125 Schweinen Transponder im Bereich der Ohrbasis und beobachteten bei durchschnittlich 2 % der Tiere Infektionen im Bereich der Implantationsstelle.

Rinder:

WENDL et al. (1990) stellten bei 81 Bullenkälbern weder infektiöse Reaktionen an der Injektionsstelle noch äußere Anzeichen von Unbehagen oder Verhaltensstörungen fest.

Pferde:

Nach der Implantation von 37 Pferden kamen in einigen Fällen geringfügige bis erbsengroße Umfangsvermehrungen vor, die 24 Stunden nach der Implantation an der Einstichstelle auftraten und in allen Fällen innerhalb von drei bis fünf Tagen wieder verschwanden. Bei keinem der 37 Pferde wurden innerhalb der ersten drei Monate nach der Implantation Veränderungen beobachtet (KONERMANN, 1994). Bei ca. 5500 Implantationen von Traberfohlen wurde das Auftreten von leichten Schwellungen nach der Implantation registriert, bei denen es sich in der Regel um Hämatome handelte, die in zwei bis drei Tagen abheilten. In zwei Fällen war eine mehrtägige konservative Nachbehandlung angezeigt. In einem Fall mußte mit einer Zugsalbe eine Abszedierung hervorgerufen werden (SCHMITT und KATONA, 1994). Sowohl bei erwachsenen Pferden als auch bei Fohlen ließen sich schon nach einem Tag nur noch geringe, wohl einstichbedingte Reizerscheinungen feststellen. Während des weiteren Versuchesverlaufes konnten in keinem Fall besondere Entzündungssymptome festgestellt werden (GABEL et al., 1987 und 1988).

Heim-, Zoo-, Wild- und Versuchstiere:

Beim Einsatz von Injektaten bei Tieren im Kölner Zoo traten in keinem Fall entzündliche Schwellungen, eine Abstoßung oder eine Nekrose auf. Die Stichkanäle verklebten kurze Zeit nach der Implantation. Weder bei subkutanen noch bei intramuskulären Implantationen kam es zu Komplikationen. Klinisch blieben alle Tiere unauffällig, und es wurden keine Störungen des Verhaltens, der Futteraufnahme oder ähnliches beobachtet. Auch während der Häutung traten keine Störungen auf. Eine Gewebeverbindung fixierte die Transponder innerhalb von

24 Stunden nach der Implantation (BEHLERT, 1987, 1989 und 1990; BEHLERT und JES, 1994). Seit Juni 1987 wurden Glastransponder der Firma EURO I.D. bei 45 Tierarten eingesetzt und außer minimaler Schwellung keine Reaktionen festgestellt (NOGGE und BEHLERT, 1990). In Großbritannien wurden im Hundeheim Battersea insgesamt 4887 Hunden ein Transponder implantiert. In wenigen Fällen trat nach der Implantation eine subkutane Blutung auf, die durch ein Zusammendrücken der Haut zwischen Daumen und Finger verhindert werden konnte. Es konnten in keinem Fall weder nach der Implantation Anzeichen für eine Irritation noch im weiteren Versuchsverlauf Symptome einer Gewebereaktion beobachtet werden (TAYLOR, 1990). Ebenso konnten EMMENEGGER (1990), HÜTHER (1994) und SAINT-GERAND et al. (1991) bei 5600 bzw. 416 Hunden nach sechs bis zwölf Monaten keine lokalen oder sonstigen krankhaften Reaktionen feststellen. Während des Untersuchungszeitraumes von sechs Monaten konnte FAGERSTONE (1987) bei keinem der 40 Frettchen Anzeichen einer Entzündung im Bereich der Implantationsstelle beobachten. BALL et al. (1988) stellten nach der Implantation von Glastranspondern bei 110 Sprague-Dawley Ratten keine klinischen Veränderungen oder Abweichungen vom Normalverhalten fest.

2.11.2. Die histologischen Untersuchungen des den Transponder umgebenden Gewebes bei verschiedenen Tierarten

Übereinstimmend wird in allen nachfolgend beschriebenen histologischen Untersuchungen festgestellt, daß alle implantierten Transponder von einer Bindegewebskapsel umschlossen werden. Es wird davon ausgegangen, daß das Bindegewebe den Transponder fixiert und dadurch Wanderungen im Gewebe vermieden werden. Die lichtmikroskopischen Untersuchungen dieser Bindegewebskapseln bzw. des den Transponder umgebenden Gewebes ergaben die folgenden Befunde:

Schweine:

LAMBOOIJ et al. (1992) injizierten Ferkeln Transponder, deren Umhüllung aus einem polyethylenhaltigen Polymer (Terylene®) bestand. In allen Schnitten befand sich am 4. Tag ein Saum aus Exsudat und Detritus um den Transponder. Am äußeren Rand des

Exsudatsaumes begann eine proliferative Reaktion. Am 7. Tag war bereits eine zirkulär angeordnete Bindegewebskapsel entstanden und die entzündlichen Reaktionen nahmen ab. Die mittlere Dicke des reaktiven Gewebes um die Transponder nahm vom vierten bis zum 21. Tag von ca. 0,91 +/- 0,09 mm auf ca. 0,32 +/- 0,09 mm ab und blieb zwischen dem 21. Tag und sechs Monaten unverändert. Als Formen der Reaktionen wurden eine einfache Einkapselung, eine Einkapselung mit entzündlichen Aktivitäten und vereinzelt die Bildung von Abszessen gesehen. GRUYS et al. (1992 und 1993) implantierten Ferkeln Transponder aus weißem Kristallglas oder aus grünem eisenoxidhaltigem Glas (s. 2. 6. 1.). Die Gewebereaktionen entsprachen den von LAMBOOIJ et al. (1992) beschriebenen Befunden. Die Transponder beider Glassorten wurden als inertes Material im Zentrum einer fibrösen Narbe eingekapselt. Die zelluläre Proliferation nahm laut Varianzanalyse vom dritten bis zum 150. Tag nach der Implantation signifikant ab, das Bindegewebe schien etwas zuzunehmen. Über den gesamten Untersuchungszeitraum schienen die Variationen der Dicke der Bindegewebskapsel innerhalb einer Kapsel bzw. zwischen verschiedenen Kapseln groß zu sein. Die mittlere Dicke überschritt jedoch nicht 0,2 mm. Sowohl GRUYS et al. (1993) als auch LAMBOOIJ et al. (1992) sahen die entzündlichen Reaktionen als Teil des Reparatursmechanismus im subkutanen, durch die Injektion des Transponders traumatisierten Gewebe an, der mit einer Formierung von Narbengewebe um den Transponder endet. Nach den histologischen Untersuchungsergebnissen von LAMBOOIJ und MERKS (1989) und LAMBOOIJ (1990) konnten drei Tage nach der Injektion eines Polymer-Transponders im histologischen Schnitt zerstörtes Gewebe, Blutgerinnsel, Leukozyten, Fibroblasten und Angioblasten gefunden werden; nach einer Woche verschwanden die Blutgerinnsel, und Kollagenfasern konnten beobachtet werden. Die Reaktionszone um den Transponder war 0,5 mm dick, und nach zwei Wochen lag eine 0,1 bis 0,2 mm dicke fibröse Kapsel um den Transponder vor. Nach drei Wochen ist die Regeneration der Wunde und Einkapselung des Transponders abgeschlossen, und während der Mastperiode blieb die Bindegewebskapsel um den Transponder unverändert. Wenn nach einer Injektion infolge einer Infektion ein Eiterherd entstand, wurde dieser durch eine starke bindegewebige Kapsel von 1,0 bis 1,5 mm umgeben. Ein Abszeß konnte über die gesamte Mastzeit verkapselt bleiben oder aufbrechen, wodurch ein Transponder verlorengehen kann (LAMBOOIJ und MERKS, 1989; LAMBOOIJ, 1990). LAMMERS et al. (1995) implantierten medium-sized Transponder im Bereich der Ohrbasis bei 204 Ferkeln im Alter von zehn Tagen, vier und sechs Wochen, die sieben oder 21 Wochen bzw. fünf Monate nach der Implantation getötet

oder geschlachtet wurden. Bei 11 von 34 Tieren wurde Exsudat gefunden, vor allem bei den am 7. und 21. Tag geschlachteten Tieren. In einigen Fällen wurden bei diesen Tieren Haare und Hautfragmente im Exsudat beobachtet. Zelluläre Proliferation wurde bei 20 von 34 Tieren beobachtet, hauptsächlich bei Tieren, die am 21. Tag geschlachtet wurden. Die Variation der Dicke der Bindegewebskapseln zwischen den Schnitten und zwischen den Messungen an einem Schnitt war groß. Nach fünf Monaten war die Bindegewebskapsel der Schweine, die mit zehn Tagen implantiert wurden, im Durchschnitt signifikant dünner ($p \leq 0,01$) als bei Schweinen, die mit vier Wochen implantiert wurden. Die signifikanten Unterschiede der Kapseldicke zwischen den Altersgruppen und Zeitpunkten zeigten, daß das Alter zum Zeitpunkt der Implantation einen Einfluß auf die Einkapselungsreaktion hat. Die schwächere Bindegewebskapsel wird für das Migrationsverhalten dieser Transponder verantwortlich gemacht (s. 2.13.).

Rinder:

Bei einem Bullen bestand die Bindegewebskapsel sieben Monate nach der Implantation eines Transponders mit Silastic-Umhüllung primär aus halbreifem, fibrösem Bindegewebe und mononukleären Zellen. Es lagen keine immunpathologischen oder entzündlichen Gewebsreaktionen vor (SEAWRIGHT, 1976).

Pferde:

Bei Glastranspondern, die Pferden intramuskulär implantiert wurden, betrug die Dicke der Bindegewebskapseln zwischen 0,2 und 0,8 mm, während die Transponder im Nackenband nur von einer um ein Vielfaches dünneren Bindegewebskapsel umgeben wurden (KONERMANN, 1994). Die histologischen Untersuchungen von neun Pferden 90 Tage nach der intramuskulären Implantation von Glastranspondern zeigten einheitlich eine geringgradige fibröse Reaktion des Gewebes auf die Transponder ohne klinische Bedeutung. In zwei Fällen wurde eine minimale Makrophageninfiltration bzw. eine fokale minimale periphere pyogranulomatöse Entzündung gefunden. In einem Fall, bei dem der Transponder vor der Implantation zerbrochen wurde, lag eine mäßige chronische granulomatöse bis pyogranulomatöse Entzündung um die zerbrochenen Teile vor. Diese Reaktionen wurden als vereinbar mit den zu erwartenden Reaktionen des Gewebes auf die Irritation durch einen

Fremdkörper bezeichnet. Die Transponder erwiesen sich als extrem biokompatibel (GABEL et al., 1987 und 1988).

Heim-, Zoo-, Wild- und Versuchstiere:

Histologische Untersuchungen zeigten, daß die Transponder eine schwache bindegewebige Reaktion hervorriefen. Eine Gewebeverbindung begann fast sofort nach dem Einsetzen und fixierte die Transponder innerhalb von 24 Stunden. Verstärkte Bindegewebsbildung, vor allem an den Transponderenden, wurde dafür verantwortlich gemacht, daß keine Wanderungen im Gewebe auftraten. Hinweise auf weitere entzündliche, abstoßende, immunologische oder infektiionsbedingte Reaktionen fanden sich nicht (BEHLERT, 1987 und 1990; NOGGE und BEHLERT, 1990). BEHLERT und WILLMS (1992) untersuchten die Implantationsstellen bei fünf verschiedenen Tieren (Nandu, Meerschwein, Nutria, Saigaantilope, Erdmännchen), denen Transponder mit Glasummantelung oder mit Glasummantelung und Kunststoffhülle oder Transponder, die in Kanülen geliefert wurden, in denen ein kleiner Silikonpfropfen ein Herausfallen des Transponders verhindern sollte, implantiert wurden. Die Dicke der Bindegewebsschichten aus kollagenen Fasern um die Transponder lag zwischen 20-50 µm bzw. bei dem Nandu bei 100 µm. Teile der Silikonpfropfen, die mit implantiert worden waren, wurden von Bindegewebe umschlossen, in dem sich Riesenzellen vom Fremdkörper-Typ und herdförmige rundkernige Infiltrate sowie vereinzelt geringgradige Verkalkungen fanden. BEHLERT und WILLMS (1992) kommen zu dem Schluß, daß nur reine Glastransponder zum routinemäßigen Einsatz beim Tier kommen sollten, da sie im Gewebe fixiert werden und keine Reaktionen hervorrufen. Nach der Implantation von Glastranspondern bei 110 Sprague-Dawley-Ratten wurden weder akute noch chronische Entzündungsreaktionen oder größere bindegewebige Einkapselungen als Reaktion auf das Implantat gesehen (BALL et al., 1988). Zum Zeitpunkt der Sektion wurden die Transponder bei Frettchen von einer dünnen Schicht fibrösen Bindegewebes umhüllt (FAGERSTONE, 1987). Nach DE JONG (1990) wurde das Injektat bei verschiedenen Tierarten innerhalb von zehn Tagen von einer geschlossenen Bindegewebshülle umgeben.

2.12. Untersuchungen zur Erkennungssicherheit und Überlebensdauer von Injektaten bei verschiedenen Tierarten

Mit dem injizierten Transponder wird eine sichere Kennzeichnung auf Lebenszeit angestrebt, so daß die Erhaltung der Langzeitfunktion des Transponders von Bedeutung ist (PIRKELMANN und KERN, 1994). Sie ist eine Voraussetzung für den umfassenden Einsatz von Injektaten und ist durch passive Systeme und wasserdichte, stabile Glaswandungen der Transponder zu erreichen (PIRKELMANN, 1994 b).

Schweine:

In einem vergleichenden Versuch wurden unter anderem die äußere Ohrmuschel und die Ohrbasis als Implantationsstellen gewählt. Von 17 im Bereich der äußeren Ohrmuscheln befindlichen Transpondern gingen insgesamt sieben verloren und acht zerbrachen, so daß nur zwei Transponder unbeschädigt wiedergefunden wurden. Alle 39 im Bereich der Ohrbasis implantierten Transponder wurden nach der Schlachtung an derselben Stelle aufgefunden und entnommen (LAMBOOIJ und MERKS, 1989). In einem Versuch mit insgesamt 72 Transpondern bei Ferkeln im Bereich der rechten und der linken Ohrbasis ging keiner dieser Transponder während des Untersuchungszeitraumes verloren, auch nicht bei Vorhandensein eines Abszesses (LAMBOOIJ et al., 1992). WÖRNER und NIGGEMEYER (1990) implantierten insgesamt 110 kunststoffummantelte Transponder der Größe 29 x 3,6 mm in den Ohrgrund. Während der Mastperiode konnten alle Chipnummern mit einem tragbaren Lesegerät wiederholt problemlos abgelesen werden. Nach der Tötung wurden die Chipnummern bei einer Schlachtgeschwindigkeit von ca. 190 Schlachtkörpern pro Stunde an drei Stellen der Schlachtbahn mit einer stationären Ringantenne erfaßt. 85 % der Transponder waren nach dem Entbluten und 75 % vor der Verwiegung / Klassifizierung lesbar. TER WEE (1990) stellte fest, daß drei Wochen nach der Injektion 3,9 % der Identifikationsnummern nicht mehr auslesbar waren. Die Ausfallquote insgesamt am Ende der Mastperiode betrug 12 % (100 % = 853 Mastschweine). Die Ursachen der Ausfälle waren technischer und „tierbedingter“ Art. Die BHZP-Erzeuger Westfalen e.G. hat 1990 einen Versuch mit über 8000 Mikrochips begonnen. Von 6000 implantierten Transpondern konnten 3 % nach der ersten Woche nicht mehr abgelesen werden, da sie verloren gingen oder nicht mehr funktionsfähig waren. Die Praktiker erreichten eine Verlustquote von unter 1 %, wenn sie die

notwendige Routine beim Injizieren erworben hatten. Bei fehlender Routine kann die Verlustquote auf über 10 % steigen (NIGGEMEYER, 1991). Die Verlustquote lag in diesem Versuch im mehrjährigen Durchschnitt unter 2 % und damit weitaus günstiger als bei herkömmlichen Methoden (NIGGEMEYER, 1993). DE JONG (1990) bezieht sich ebenfalls auf diesen Versuch und spricht nach der Implantation von NEDAP-Transpondern bei mehr als 4000 Schweinen im Bereich der Ohrbasis von einer Verlustrate, die bei 1 % lag. AARTS et al. (1991) implantierten 3125 Schweinen Transponder im Bereich der Ohrbasis und stellten fest, daß die Fehlfunktionen mit dem Alter zunahmen, aber nicht über 10 % im Schlachalter anstiegen. Bei 459 Ferkeln wurden von LÜTJENS (1994) Transponder subkutan an der Ohrbasis implantiert. 8,5 % der insgesamt eingesetzten Transponder fielen bis zum Beginn der Schlachtung aus. Während der Schlachtung stieg die Ausfallquote um einen Transponder auf 8,7 %. Die Ausfallquoten liegen in einem relativ niedrigen Bereich von durchschnittlich 2,3 %, wenn zwei Personen die Implantation durchführen, wobei eine die Schweine fixiert. Wenn die Injektion nur von einer Person durchgeführt wird, dann liegt die Zahl der Verluste bei 7,6 %. Nach der Untersuchung von LÜTJENS (1994) ist eine sachgemäße Injektion eine Grundvoraussetzung für eine Minimierung der Ausfallquote. Hierzu gehören eine Fixierung der Tiere, eine scharfe Nadelspitze und das Zusammendrücken der Wunde nach dem Herausziehen der Nadel für ein paar Sekunden. Bei den von AARTS et al. (1992 und 1993) durchgeführten Feldversuchen an insgesamt 12500 Schweinen mit subkutan an der Ohrbasis implantierten Transpondern waren am Ende der Schlachtkette 11,6 % (Versuchsfarmen) und 4,9 % bzw. 5,7 % (kommerzielle Betriebe) der Transponder nicht lesbar. LAMBOOIJ (1992) implantierte 149 Schweinen im Alter von vier Wochen Transponder der Größen 3,0 x 18 mm oder 3,5 x 18 mm s.c. an drei verschiedenen Stellen der Ohrmuschel. Die Größe der Transponder und die Lokalisation im Ohr stehen bezüglich der Transponderverluste anscheinend im Zusammenhang. Das Ergebnis zeigt, daß Transponderverluste minimiert werden können, wenn medium-sized Transponder an der Basis der Ohrmuschel implantiert werden. Nur einer von 38 ging verloren. LAMMERS et al. (1995) stellten nach der Implantation von medium-sized Transpondern im Bereich der Ohrbasis bei Ferkeln im Alter von zehn Tagen, vier und sechs Wochen in sechs von 204 Fällen einen Funktionsausfall bis zum Zeitpunkt der Entnahme am Schlachthof fest. Ein Transponder ging verloren und fünf Transponder zerbrachen. Für die Entnahme ist eine korrekte Implantation wichtig.

Rinder:

In der Bullenmast traten sehr hohe Ausfallraten von über 50 % bei Implantation von kunststoffummantelten Transpondern im Ohrgrund auf. Nachdem in weiteren Durchgängen auf Glastransponder mit größerer Wandstärke und die Injektion unter das Scutulum gewechselt wurde, konnte eine Funktionsfähigkeit ohne Verluste über die gesamte Nutzungszeit sichergestellt werden (PIRKELMANN und KERN, 1994). WADE et al. (1991) implantierten 50 Färsen Glastransponder subkutan im Bereich der Schulter Spitze und stellten fest, daß nach 43 Monaten noch 100 % der Transponder funktionierten. FALLON und ROGERS (1991) konnten nach der Schlachtung bei 90 % der Bullen bzw. 100 % der Färsen die Transponder, die an der Ohrbasis unter dem Ohrknorpel (Scutulum) plaziert wurden, ablesen. Aufgrund der Ausfallquote von 10 % bei den Bullen halten sie eine dickere Ummantelung der Transponder für erforderlich.

In einem Praxisversuch bei Mastbullen wurde in der Durchgangserkennung mit zwei gegenständig angeordneten, synchron geschalteten Antennen eine höhere Kennungssicherheit (über 5 m/s) erreicht als mit einseitig angeordneten Rahmenantennen. Bei Kühen im Melkstand wurden bessere Erkennungsraten mit Durchgangsantennen am Melkstandeingang (95 %) als mit Einzelplatzantennen (90 %) erzielt. In Verbindung mit einem Tränkeautomaten für Aufzuchtkälber wurden bei Verwendung einer Ringantenne von den möglichen fünf bis sechs Auslesungen pro Sekunde im zweiwöchigen Mittel mit einer Stabantenne nur zwei bis drei Kennungen pro Sekunde erreicht. Eine zuverlässige Identifizierung ist trotzdem sichergestellt (PIRKELMANN et al., 1992; PIRKELMANN und KERN, 1994).

Pferde:

KONERMANN (1994) geht anhand der über vier Jahre vorliegenden Untersuchungsergebnisse davon aus, daß die Lebensdauer der eingesetzten Transponder auch für den Einsatz beim Pferd geeignet ist. In vier von 37 Fällen kam es zu einem Ausfall der Transponderfunktion. Bei diesen Transpondern war es offensichtlich zu Verspannungen der Glasummüllungen gekommen, die zu Haarrissen, Eindringen von Gewebeflüssigkeit und damit Zerstörung des Mikrochips führten (KONERMANN, 1994). Von den 5500 Transpondern, die seit 1991 Traberfohlen implantiert wurden, waren bisher weniger als zehn sofort nach der Implantation nicht lesbar, so daß ein zweiter Transponder gesetzt wurde, der

ohne Ausnahme lesbar war. Bei Kontrollen auf der Rennbahn im Jahr 1991 war bei 700 Pferden dann ein Transponder nicht lesbar. Bei Jährlingsauktionen im Herbst 1993 waren alle 130 Pferde anhand der Transpondercodes identifizierbar (SCHMITT und KATONA, 1994). Von insgesamt 69 Transpondern, die erwachsenen Pferden bzw. Fohlen implantiert wurden, versagten drei während des Untersuchungszeitraumes von 259 bzw. 180 Tagen (GABEL et al., 1987 und 1988).

Heim-, Zoo-, Wild- und Versuchstiere:

Die Codes von 5600 registrierten Hunden konnten bis auf eine Ausnahme nach sechs Monaten problemlos wiedergelesen werden (EMMENEGGER, 1990; HÜTHER, 1994). Von 416 implantierten Schlittenhunden konnten bei zwei Hunden die Transponder 48 Stunden nach Injektion nicht lokalisiert werden, da die Transponder durch einen Fehler bei der Injektion mit der Nadel wieder herausgezogen wurden. Bei allen gekennzeichneten Hunden konnte nach einem Jahr die Codenummer abgelesen werden (SAINT-GERAND et al., 1991). FAGERSTONE (1987) implantierte unter anderem 20 domestizierten Frettchen 23 Polypropylen-Transponder, von denen innerhalb von sechs Monaten sieben Transponder vollständig ausfielen oder vorübergehend nicht funktionierten. Diese Quote von 30 % wird auf die Plastikummhüllung der Transponder zurückgeführt.

2.13. Untersuchungen zur Ortsstabilität der Injektate bei verschiedenen Tierarten

Eine ortsstabile Lage ist wichtig für die Tiergesundheit, die technische Funktion und den Entnahmevergange und somit eine Voraussetzung für eine störungsfreie Nutzung dieses Erkennungssystems. Einflüsse auf eine Lageveränderung des Injektates können vom Transponder selbst (Material, Größe, Form, Oberflächenbeschaffenheit), dem Injektionsverfahren oder dem Tier (Anatomie, Wachstum, Tierbewegung) sowie von äußeren Krafteinwirkungen ausgehen (PIRKELMANN und KERN, 1994). Wanderungen oder Veränderungen in der Winkelstellung der Transponder treten insbesondere bei Injektion in stark beanspruchtes Muskelgewebe auf und sind bislang noch nicht völlig auszuschließen (PIRKELMANN et al., 1992).

Schweine:

Der Transponder wird schnell in das Bindegewebe der Unterhaut eingeschlossen und verändert von diesem Zeitpunkt an kaum noch seine Position im Verhältnis zur zunehmenden Größe des Schweines (MERKS, 1988). LAMBOOIJ und MERKS (1989) plazierten die Transponder bei ca. vier Wochen alten Ferkeln i.m. oder s.c. an acht Körperstellen (s. 2. 8.). Nach intramuskulärer Injektion in den Hals direkt hinter dem Ohr oder in den Nacken konnten einige Transponder gar nicht wiedergefunden werden. Von den intramuskulär hinter dem Ohr injizierten Transpondern befanden sich noch weniger als die Hälfte im Bereich der Injektionsstelle, während die übrigen Transponder am Unterkiefer, an den Halswirbeln im Nackenbereich und im Bereich der Schulter aufgefunden wurden. Bei mehreren tausend Mastferkeln, die in verschiedenen Betrieben mit Injektaten gekennzeichnet wurden, konnte kein Wandern im Tierkörper beobachtet werden. Fehler beim Injizieren führten aber dazu, daß die Transponder nicht an der vorgesehenen Stelle direkt hinter der Ohrmuschel wiedergefunden wurden. Einstichstelle und -winkel sowie gute Fixierung der Tiere bei der Implantation sind wichtig für die Ortsstabilität (NIGGEMEYER, 1993). TER WEE (1990) fand 66 % der Mikrochips (100 % = 664 Mastschweine) an der ursprünglichen Injektionsstelle an der Ohrbasis wieder. Einige Chips befanden sich am Kopf (13 %) oder Hals (21 %). Sie sind aller Wahrscheinlichkeit nach nicht gewandert, sondern falsch eingesetzt worden. LAMMERS et al. (1995) fanden eine Abhängigkeit des Migrationsverhaltens vom Alter der Ferkel zum Zeitpunkt der Implantation. Die Lage von medium-sized Transpondern, die in der mittleren Position der Ohrbasis eingesetzt wurden, befand sich bei der Entfernung signifikant weiter ventral, wenn die Implantation bei Ferkeln im Alter von zehn Tagen erfolgte, als wenn sie mit vier Wochen durchgeführt wurde. Insgesamt befanden sich in beiden Gruppen zum Zeitpunkt der Schlachtung noch 88 von 154 Transpondern in ihrer anfänglichen Position mit 1 cm Abstand vom Ohransatz bzw. dem Übergang vom Ohr zum Kopf.

Rinder:

Bei vier Tieren, denen Silastic-ummantelte Transponder implantiert wurden, konnte nach zehn Monaten keine Migration der Implantate gemessen werden (SEAWRIGHT, 1976). Die Ergebnisse von PIRKELMANN und KERN (1994) zur Lagestabilität der Injektate zeigten, daß im Mittel eine zufriedenstellende Ortsstabilität gegeben war. Die Streuungen überschritten jedoch zum Teil die festgesetzte Toleranzgrenze von 3 cm.

Die Transpondergröße hatte je nach Tieralter unterschiedliche Auswirkungen auf die Lagestabilität. Zusätzliche Oberflächenbehandlungen des Transponders (Beschichtungen, Gewebeüberzüge) bewirkten gegenüber der unbehandelten Oberfläche sowohl im Mittel als auch im Streubereich eine deutlich höhere Ortsstabilität. WADE et al. (1991) implantierten 50 Färsen Glastransponder subkutan im Bereich der Schulter Spitze und konnten über 43 Monate keine Migration feststellen.

Pferde:

KONERMANN (1991 und 1994) implantierte insgesamt 37 Pferden Transponder intramuskulär in den Halsmuskel oder in das Nackenband und konnte in keinem Fall eine Migration der Transponder im Gewebe feststellen. Er schließt jedoch nicht aus, daß bei den Transpondern im Nackenband aufgrund einer sehr dünnen Bindegewebskapsel bei Bewegung und Belastung der Tiere eine Migration auftreten könnte. Bei fünf Stuten und drei Fohlen markierten GABEL et al. (1987) die Implantationsstelle, indem sie neben der Penetrationsstelle der Implantationskanüle Einzelhefte aus rostfreiem Stahl setzten. Am 28., 81. und 110. bzw. bei den Fohlen am 90. Tag nach der Implantation wurden Röntgenbilder angefertigt und die Lage der röntgendichten Transponder und Nähte verglichen. In keinem Fall wurden Anzeichen für eine Migration des Transponders gefunden.

Heim-, Zoo-, Wild- und Versuchstiere:

Bei Röntgenuntersuchungen an implantierten Tieren des Kölner Zoos nach dem Einsetzen des Transponders und in Abständen bis zu zwei Jahren konnte in keinem Fall eine Migration festgestellt werden. Das traf auch auf Jungtiere zu, die nach der Implantation noch erheblich gewachsen waren (BEHLERT, 1989; BEHLERT, 1990; NOGGE und BEHLERT, 1990; BEHLERT und JES, 1994). FAGERSTONE (1987) implantierte 40 Frettchen Transponder subkutan am Kopf medial der Ohren. In keinem Fall konnte nach sechs Monaten bzw. zum Todeszeitpunkt eine Lageveränderung des Transponders festgestellt werden. WOLFENSOHN (1993) stellte in einigen Fällen eine Migration der subkutan bei Makaken implantierten Transponder fest, vor allem nach Implantation im Genick. In keinem Fall betrug die Migration mehr als 5 cm. Bei 416 implantierten Schlittenhunden konnten nach einem Jahr keine Wanderungen beobachtet werden (SAINT-GERAND et al., 1991). Ebenso konnten

ARNDT und WIEDEMANN (1991) bei Hunden und Katzen keine Wanderung der Transponder feststellen.

2.14. Ergebnisse der Untersuchungen über Verluste elektronischer Ohrmarken

Im Vergleich zur Wiederfindungsrate der injizierten Transponder im vierjährigen Durchschnitt von 98 % betrug die Wiederfindungsrate bei Transponderohrmarken, die 650 Mastferkeln eingesetzt wurden, insgesamt 95 %. Die Ohrmarken konnten von nur einer Person entfernt und gesammelt werden. Sie können möglicherweise mehrmals verwendet werden (NIGGEMEYER, 1994). SHERWIN (1990) applizierte im Rahmen einer Feldstudie insgesamt sieben Sauen jeweils eine elektronische Ohrmarke in das linke Ohr und eine konventionelle Ohrmarke in das rechte Ohr. Er stellte fest, daß an den elektronischen Ohrmarken signifikant häufiger gekaut wurde als an den konventionellen Ohrmarken. Außerdem waren Ohren mit elektronischen Ohrmarken signifikant mehr traumatisiert als Ohren mit konventionellen Ohrmarken. Als mögliche Ursachen hierfür gibt SHERWIN (1990) das größere Gewicht und bestimmte Merkmale der elektronischen Ohrmarken sowie die stehende Ohrform der verwendeten Schweinerasse und die Befestigung der Ohrmarken an der Außenseite der Ohren an. FÄHNRICH (1990) erwähnt, daß bis zu 40 % der angebrachten elektronischen Ohrmarken im Laufe des Produktionszyklus verlorengehen und nennt Injektate als Alternative.

2.15. Die Erfahrungen mit injizierbaren Transpondern am Schlachthof

2.15.1. Die Problematik der Transponderentnahme im routinemäßigen Schlachtablauf

Die Entnahme der Transponder aus dem Schlachtkörper ist derzeit noch nicht geregelt und wird in der Literatur allgemein als problematisch bezeichnet. Bisherige Erfahrungen beim Entfernen der Transponder aus dem Schlachtkörper haben immer wieder gezeigt, daß dies nicht schnell und sicher genug während des normalen Schlachtprozesses gelingt

(PIRKELMANN et al., 1992; WÖRNER, 1993; ARTMANN, 1994 a und b). Konkrete Lösungsansätze zur Beseitigung der bestehenden Probleme werden in der Literatur nicht angeführt. ARTMANN (1994 b) erwähnt die Notwendigkeit der Entwicklung von Hilfsmitteln, die das Entfernen erleichtern, z.B. Geräte, die die genaue Position des Transponders anzeigen können. Auf die Bedeutung der Festlegung einer einheitlichen Injektionsstelle für jede Tierart für die Entnahme wird hingewiesen (ARTMANN, 1994 b). PIRKELMANN et al. (1992) erwarten durch die Wahl geeigneter Injektionsorte und durch eine verbesserte Injektionsroutine Fortschritte bei der Rückgewinnung der Transponder in der Schlachtkette. Nach HAUBOLD et al. (1994) besteht am Schlachthof der Bedarf, die Entnahme der Injektate in den Schlachtablauf zu integrieren sowie eine Schnittführung zu definieren und gegebenenfalls zu automatisieren. Ebenso weist NIGGEMEYER (1993 und 1994) darauf hin, daß die Entnahme automatisiert werden muß, da sie noch nicht im routinemäßigen Schlachtablauf integriert ist und bei einer Bandgeschwindigkeit von 400 Schweinen pro Stunde für die Entnahme eines Transponders nur wenige Sekunden bleiben. Bis zur Einführung eines geeigneten automatisierten Entnahmeverfahrens bietet sich nach HAUBOLD et al. (1994) und KLINDWORTH (1994) im Schweineschlachtablauf ein erweiterter Ohrmuschelschnitt und beim Rind die Entnahme in Vorbereitung der Kopfhäutung vor der Enthornung an. Es wäre ein Entnahmeverfahren von Vorteil, bei dem zunächst ein Schlachtkörperteil abgeschnitten und daraus später der Transponder entnommen wird, weil die eigentliche Entnahme auf diese Weise zeitlich vom Schlachtprozeß abgekoppelt und dieser damit nicht behindert würde. In den Sonderfällen, in denen Transponder nicht ausgelesen und nicht lokalisiert werden können, müssen besondere Detektionsverfahren zum Einsatz kommen wie Metalldetektoren, die Restsignalanalyse und Röntgendetektoren sowie zusätzliche farbliche Markierungen der Injektionsstelle, die derzeit in Entwicklung bzw. Erprobung sind, sich im Praxiseinsatz aber noch nicht bewähren. Auch NIGGEMEYER (1993) weist darauf hin, daß Metalldetektoren eingesetzt werden müssen. Entgegen dieser überwiegenden Meinungen berichtet LAMBOOIJ (1992), daß die im Ohrbereich implantierten Transponder leicht durch das Abschneiden des Ohres vom Schlachtkörper entfernt wurden. Auch TER WEE (1990) behauptet, daß die schnelle Entfernung der Mikrochips aus dem Schlachtkörper sehr gut möglich ist.

Für die Verwertung der entnommenen Transponder gibt es noch keine Lösung. Sie dürfen keinesfalls in den Futterkreislauf gelangen, sondern müssen anderweitig entsorgt werden. Die

Verantwortung hierfür muß festgelegt werden (ARTMANN, 1994 b). Die Entscheidung, ob das Injektat zur Wiederverwendung aufbereitet oder als Einwegprodukt eingestuft werden soll, wirkt sich beeinflussend auf die Arbeitsschritte zur Transponderentnahme aus (HAUBOLD et al., 1994). Nach NIGGEMEYER (1994) ist die Wiederverwendung der Transponder möglich, jedoch sehr aufwendig. Gemäß der ISO ist eine einmalige Verwendung der Injektate vorgesehen, da bei einer Wiederverwendung die Fälschungssicherheit in Frage gestellt werden muß (HÜTHER, 1997).

2.15.2. Die Nutzung der Injektate im Schlachtablauf und die Verknüpfung mit anderen Identifizierungssystemen

Der Einsatz der elektronischen Kennzeichnung kann den personellen Aufwand am Schlachthof reduzieren und gleichzeitig eine fehlerfreie Übertragung der Lebendtiernummer ermöglichen, da verschiedene Arbeitsschritte entfallen. Für den Schlachthof ergeben sich durch die Weiternutzung der Injektate neue Möglichkeiten der Tiererfassung und Qualitätssicherung. Im Schlachtablauf kann es durch bestimmte Anforderungen (s. Tab. 8) zu einem Verlust der Lebendtieridentität kommen, so daß die Notwendigkeit der Verknüpfung mit einem anderen Identifizierungssystem besteht, z.B. in Form von angehängten reprogrammierbaren Transpondern, angehefteten Barcodes oder einer Schlachthakenidentifizierung (SLADER und GREGORY, 1988; HAUBOLD et al., 1994; KLINDWORTH, 1994). HÜTHER und HÄHNEL (1995) beschreiben den Einsatz der elektronischen Schlachthakenidentifizierung, die in Verbindung mit elektronischen Kennzeichnungssystemen eine lückenlose Kennzeichnung von der Geburt bis zur Schlachtkörperhälfte ermöglicht. Am Schlachthof wird bei Anlieferung und in der Schlachtkette die Transpondernummer ausgelesen und mit der Übergabe an den Eurohaken an ein zweites Kennzeichnungssystem übergeben.

Tab. 8: Problematik der Nutzung von Injektaten als Identifizierungssystem im Schlachtablauf (HAUBOLD et al., 1994).

| Anforderung | Beispiele | mögliche Konsequenz |
|--------------------------------|--|---|
| verfahrenstechnische Vorgaben | Elektrobetäubung Kratzmaschine Hornabtrennung Enthäutungsverfahren (Elektrostimulation) | Beeinträchtigung der Funktionssicherheit des Injektates, damit geringere Sicherheit des Identifizierungssystems |
| veterinärmedizinische Vorgaben | teilweise Ausschleusen von (Schweine-) Schlachtkörperhälften vor der Klassifizierung | Injektat kann u.U. mit einer Hälfte ausgeschleust werden und steht dann nicht mehr zur Identifizierung des Schlachtkörpers zur Verfügung, zusätzliches System notwendig |
| rechtliche Vorgaben | Entnahme (Produkthaftungsgesetz) | sichere Injektatentnahme erforderlich; in Abhängigkeit vom Entnahmezeitpunkt fällt damit die ursprüngliche Identifizierung aus |
| | EWG-Schnittführung | definierter Schnitt zur Kopfabtrennung, damit Abtrennen des Transponders (s.o.) |

2.15.3. Untersuchungsergebnisse zur Wiedergewinnung der Transponder am Ende der Schlachtlinie

Nach bisherigen Erfahrungen können etwa 95 % aller Injektate mit geringem Aufwand sicher aus dem Schlachtkörper entnommen werden. Aufwendiger wird die Entnahme zum Beispiel dann, wenn der Transponder im Tier gebrochen ist und nicht mehr mit den üblichen Geräten ausgelesen werden kann (KLINDTWORTH, 1994). Die von AARTS et al. (1992) durchgeführten Feldversuche an insgesamt 12.500 Schweinen ergaben eine Wiedergewinnungsrate der subkutan an der Ohrbasis injizierten Transponder am Ende der Schlachtlinie von 79 % (Versuchsbetriebe) und 64 % bzw. 81 % (kommerzielle Betriebe). Aufgrund der Stellen, an denen die Transponder im Tierkörper wiedergefunden wurden, schlossen AARTS et al. (1992 und 1993), daß die Injektionsmethode nicht akkurat genug ist, um alle Transponder in der Schlachtlinie schnell entnehmen zu können. NIGGEMEYER (1994) faßte von insgesamt 10.000 Mastschweinen, denen Transponder (28 mm Länge) subkutan im Bereich der Ohrbasis injiziert und vom Schlachthofpersonal entnommen wurden,

die Untersuchungsergebnisse zusammen: Die Wiederfindungsrate der injizierten Transponder betrug im vierjährigen Durchschnitt 98 %. Weiteren 300 Mastferkeln wurden kleinere Transponder (19 mm Länge) injiziert. Die manuelle Entnahme am Schlachthof gestaltete sich aufgrund der geringeren Transpondergröße schwieriger. WÖRNER und NIGGEMEYER (1990) berichten, daß 85 % von insgesamt 107 Transpondern, die Mastschweinen subkutan im Bereich der Ohrbasis injiziert wurden, nach dem Schlachtvorgang wiedergefunden und entfernt werden konnten. Das Wiederfinden der Transponder war in einigen Fällen nur mit einem Metalldetektor möglich. GRUYS et al. (1992) konnten bei 60 Ferkeln die Glastransponder, die im Alter von drei Wochen direkt hinter dem Ohr implantiert wurden, alle bei der Schlachtung leicht wiederfinden. LAMBOOIJ (1992) berichtet, daß 51 % der 3,0-mm-Transponder und 60 % der 3,5-mm-Transponder vor der Entnahme palpierbar waren. An der Ohrbasis kann der Transponder innerhalb der geforderten fünf Sekunden durch das Abschneiden des Ohres entnommen werden. NIGGEMEYER (1990) implantierte insgesamt 110 Mastferkeln kunststoffummantelte Transponder der Größe 29 x 3,6 mm in den Ohrgrund. 75 % der Transponder waren vor der Klassifizierung lesbar, und 85 % der Chips wurden nach dem Schlachtvorgang wiedergefunden und entfernt. LAMMERS et al. (1995) haben insgesamt 204 medium-sized Transponder Ferkeln im Alter von zehn Tagen, vier oder sechs Wochen im Bereich der Ohrbasis implantiert. Davon blieben vier Transponder beim Schlachtvorgang nach der Abtrennung des Ohres im Schlachtkörper, konnten aber im Anschnitt sofort entdeckt und entfernt werden. DE BOER (1993) berichtet, daß in vier Versuchsbetrieben Transponder von drei verschiedenen Herstellern getestet wurden. Später wurden in Praxisbetrieben insgesamt 9383 Transponder injiziert. Es stellte sich heraus, daß zu viele Verluste auftraten und die Entfernung der Transponder in der Schlachtkette nicht einwandfrei funktionierte.

2.16. Aspekte des Tierschutzes bei der Tierkennzeichnung

Grundsätzlich ist die Idee des Kennzeichnens von Tieren im Sinne des Tierschutzes positiv zu bewerten. Manche Kennzeichnungsmethoden sind hinsichtlich der Belastung für das Tier aber kritisch zu beurteilen. In einer Zeit erhöhter Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber Tierschutz und Tierleiden sind bestimmte Kennzeichnungsverfahren wie Brennen, Ohrkerben,

oder -lochen sowie Tätowierungen ins Zwielflicht geraten. Elektronische Identifikationssysteme mit implantierbaren Transpondern werden gegenüber anderen Kennzeichnungsmethoden aus der Sicht des Tierschutzes besonders positiv beurteilt (MARCELLA, 1984; WORMUTH, 1991).

Aus der Sicht des Tierschutzes können die angewandten Kennzeichnungsmethoden problematisch sein, auch wenn sie nicht als grundsätzlich ordnungswidrig im Sinne des § 18 Abs. 1 Ziffer 1 Tierschutzgesetz mit dem Merkmal erheblicher Schmerzzufügung einzustufen sind, da immer der Grundsatz des § 1 des Tierschutzgesetzes Beachtung finden sollte: „Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen.“ Mit der neuen Methode der implantierbaren Transponder scheint man diesem Anliegen einen Schritt näher gekommen zu sein (WORMUTH, 1991). Nach § 6 des Tierschutzgesetzes ist „... das vollständige oder teilweise Entnehmen oder Zerstören von Organen oder Geweben ...“ untersagt. Eingriffe an Wirbeltieren müssen nach § 6 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 entweder im Einzelfall nach tierärztlicher Indikation geboten oder nach Nr. 2 für die vorgesehene Nutzung des Tieres unerlässlich sein. Das Kerben und Lochen von Ohren entspricht einem teilweisen Entnehmen oder Zerstören von Gewebe. Das Kappen von Ohrspitzen wird als Amputation angesehen. Es sind somit Bedenken angebracht, sofern andere vergleichbare Methoden zur Verfügung stehen (WORMUTH, 1992).

Durch rechnergesteuerte Verfahren in der Tierhaltung sind verbesserte Informationen über das Tier, ein leistungsgerechter Einsatz der Produktionsmittel und artgerechte Haltungssysteme zu erwarten. Dies ist insbesondere für den Tierschutz von Bedeutung, da den Tieren der bedarfsgerechte Bewegungsraum in sozialen Herdenverbänden ermöglicht werden kann (VAN DEN WEGHE, 1990 und 1992; NIGGEMEYER, 1991; SCHLICHTING, 1991; PIRKELMANN et al., 1992; REISCH, 1992). BOEHNCKE (1990) beschreibt als Vorteile des Einsatzes von Melkrobotern die Arbeitersparnis, den vom Tier geprägten Melkrhythmus und die Verbesserung der Eutergesundheit. In der Melktechnik kann über Sensoren und elektronische Steuerung der Melkvorgang schonend arbeiten, was aktiver Tierschutz ist (REISCH, 1992).

Zahlreiche Autoren beschreiben die Vor- und Nachteile der herkömmlichen Kennzeichnungsmethoden (s. Tab. 9) bei den verschiedenen Tierarten (NELSON, 1976; GRÜNDER, 1983; DORN, 1987; MERKS, 1988; LAMBOOIJ und MERKS, 1989;

BEHLERT, 1990; HAINZLMAIER, 1990; MERKS und LAMBOOII, 1990; MOLL, 1990; ARNDT und WIEDEMANN, 1991; GRUYS et al., 1992; SCHÖN et al., 1992; BEHLERT und JES, 1994; NIGGEMEYER, 1994; LEHMANN, 1996). Einige der genannten Nachteile sind aus tierschützerischer Sicht relevant. Die Lederindustrie verzeichnet durch die Heißbrände beträchtliche Einbußen, und Heißbrände sind für die Tiere sehr schmerzhaft (GRÜNDER, 1983; SCHÖN et al., 1992). Laut eines Gerichtsbeschlusses des AG Kehl vom 09.03.1994 erfüllt der Nummernheißbrand bei Pferden den objektiven Tatbestand des § 17 Nr. 2b des Tierschutzgesetzes, da er dem Tier erhebliche Schmerzen zufügt, die vermeidbar sind, weil es schmerzfreie oder wesentlich weniger schmerzhaft Methoden wie die Implantation eines Transponders gibt (BECHTHOLD, 1994). Ebenso wie Brände sind auch Tätowierungen schmerzhaft und erfordern z.T. eine Narkose. Es können Verletzungen zum Beispiel durch ausgerissene Ohrmarken auftreten.

Die Beringung der Vögel ist aufgrund von Fußverletzungen und Beschädigungen dünnschaliger Eier problematisch. Die seltener angewendeten Verfahren wie Ohrkerben und Zehenamputationen werden durch Bißverletzungen verändert und sind unter den Aspekten des Tierschutzes zweifelhaft (DORN, 1987; BEHLERT, 1990; BEHLERT und JES, 1994). DORN (1987), BEHLERT (1990) und BEHLERT und JES (1994) sehen als einen Nachteil der herkömmlichen Markierungssysteme, daß sie nicht durchgängig bei allen Ordnungen des Zootierreiches anwendbar sind. Dagegen wird von BEHLERT (1989) die Markierung mit Injektaten als eine universell einsetzbare, einheitliche Methode für alle Tiere und Tierarten bezeichnet. LEHMANN (1996) widerspricht dieser Aussage mit der Begründung, daß bei der Anwendung von Transpondern bei Reptilien und Amphibien zahlreiche Probleme mit zum Teil erheblicher Tierschutzrelevanz auftreten. Die Transponderkennzeichnung von Reptilien und Amphibien eignet sich aufgrund verschiedener Risiken für das Tier nicht für artenschutzrechtliche Belange, weil diese keine medizinische Indikation darstellen.

DZIUK (1990) bezeichnet eine korrekte Identifizierung der Tiere mit herkömmlichen Kennzeichnungsmethoden als das größte Problem bei der Durchführung von Feld- und Laborversuchen. MARCELLA (1984) weist darauf hin, daß die eindeutige Kennzeichnung von Labortieren essentiell für Versuche ist und Kosten und Zeit sparen sowie vor allem Tierleben retten kann. TAYLOR (1990) beschreibt den Einsatz von Transpondern im Rahmen des Battersea Projektes und findet bemerkenswert, daß bei den implantierten Hunden die Wiederfindungsrate der streunenden Tiere von 15-17 % auf 38 % steigt. Die Besitzer, deren

Hunde ein Implantat tragen und registriert sind, werden zu einer gewissenhafteren Suche veranlaßt, wenn ihre Hunde abhanden kommen.

Tab. 9: Die gebräuchlichsten, heute noch verwendeten Kennzeichnungsmethoden für Tiere
(WELSCH, 1992; WELZ et al., 1992)

| Gebräuchliche Tierkennzeichnungsmethoden: |
|---|
| ~ Haut- und Fellfärbungen |
| ~ Bänder zur visuellen Kennzeichnung an Hals, Bein, Schwanz oder Flügel |
| ~ Fußringe |
| ~ Haut-, Ohr- und Flügelmarken |
| ~ Tätowierungen |
| ~ Heiß- und Kaltbrand |
| ~ Hautlochung und -kerbung |