

Geschlechtsbestimmung im Brutei: Update zu den Technologien

gl/dgs. Die technische Entwicklung und die Praxiseinführung von Methoden zur Geschlechtsbestimmung im Brutei schreiten laufend voran. Einige Maschinen stehen schon in mehreren Ländern im praktischen Einsatz. Andere, teils vielversprechende

Verfahren stehen vor der Markteinführung oder sind in der Entwicklung zur Praxisreife, wiederum andere sind noch im Forschungs- und Erprobungsstadium.

Ein Artikel im deutschen DGS-Magazin (Ausgabe 8/2022) enthielt eine

Übersichtstabelle zu den Methoden und Technologien. Diese Tabelle wurde in der Ausgabe 8/2023 des DGS-Magazins in aktualisierter Form publiziert.

Nachfolgend ist diese Tabelle in leicht geraffter Form wiedergegeben. ■

Übersicht über die Verfahren zur Geschlechtsbestimmung im Brutei

Quelle: DGS 8/2023, Stand: Juli/August 2023

Anbieter/Entwickler	Technologie	Stand/Praxisreife	Tag ¹⁾	Genau ²⁾	Eier/h ³⁾
Bildanalyse-Verfahren					
AAT GmbH Cheggy-Verfahren https://www.agri-at.com	Hyperspektralanalyse; nicht-invasive Durchleuchtung des Eies bei Braunlegern zur Erkennung der Federfarbe (Hähne weiss, Hennen braun)	Marktführend mit Anlagen in Deutschland, Frankreich, Italien, Spanien, den Niederlanden, Belgien und Grossbritannien	12.-13.	> 96%	20 000
Orbem – Genus Focus https://orbem.ai	Magnetresonanztomografie (MRT); kontaktlose, nicht-invasive Bestimmung der sichtbaren (phänotypischen) Merkmale der Embryonen mittels MRT-Scanner	Anlagen in Frankreich in Betrieb	12.	99.5%	3000
AAT GmbH, TU Dresden https://www.agri-at.com	Spektroskopie; optisches Verfahren zur Unterscheidung des Licht-Absorptionsspektrums der Blutzellen männlicher/weiblicher Embryonen; Öffnung der Eischale mittels Laser	Noch in Entwicklung, Erprobung mit Lohmann Deutschland angelaufen	4./5.	> 96%	unbekannt
AAT GmbH, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe https://www.th-owl.de	Zeitaufgelöste laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie (zLIF); nicht-invasive Bestimmung der geschlechtsspezifischen Fluoreszenzspektren	Zum Patent angemeldet, noch in Entwicklungsphase	3.-6.	im Labor bei 98%	unbekannt
Omegga GmbH https://www.omegga.eu	Absorptionsspektroskopie; nicht-invasives, optisches Verfahren, das im Brutschrank integriert ist und automatische Messungen durchführt	Noch in Entwicklungsphase, erste Praxisversuche	6.	unbekannt	unbekannt
Flüssigkeitsbasierte Verfahren					
Respeggt group https://www.respeggt.com	Seleggt-Verfahren; minimal-invasive Entnahme von Allantoisflüssigkeit mit anschließendem Nachweis weiblicher Hormone mittels ELISA-Test (Farbumschlag über einen biochemischen Marker)	Seit 2018 am Markt; Maschinen stehen in den Niederlanden und in Deutschland	8.-11.	98%	3000
PLANTegg GmbH https://www.plantegg.de	Molekulargenetisch; minimal-invasive Erbgutentnahme aus der Allantoisblase zur DNA-Analyse mittels PCR-Verfahren	Seit Oktober 2020 in den Niederlanden kommerziell eingesetzt	9.	99.5%	3000
In Ovo (Ella) https://inovo.nl	Massenspektroskopie; invasive Entnahme eines Biomarkers aus dem Ei mit anschließender Analyse über ein Hochleistungs-Massenspektrometer	Funktioniert in der Praxis mit kurzfristiger Anwendung von zusätzlichen funktionalen Upgrades	9.	Keine Angabe	Keine Angabe
Gentechnische Verfahren					
CSIRO (Australien), eggYXt (Israel), NRS Poultry (Israel)	CRISPR/Cas-Verfahren; Veränderung einzelner DNA-Bausteine oder Gen-Abschnitte entweder durch Einfügen eines fluoreszierenden Gens für die Erkennung «männlicher» Eier oder eines letalen Gens, welches den Schlupf der männlichen Küken verhindert	Keine Praxiserfahrungen	0.	ca. 100%	unbekannt

¹⁾ Bruttag, an dem die Geschlechtsbestimmung im Ei durchgeführt werden kann ²⁾ Genauigkeit des Verfahrens bei der Erkennung des Geschlechts

³⁾ Kapazität/Durchsatz in Eiern pro Stunde und pro Gerät bzw. Modul

Alternativen zum Kükentöten, Geschlechtsbestimmung im Brutei

KüKentöten: der «Einstieg zum Ausstieg»

Die umfangreichen Diskussionen in Europa und Nordamerika zum Töten männlicher Küken unmittelbar nach dem Schlupf und die veränderte Erwartungshaltung der Konsumenten in Sachen Tierschutz sind ein klarer Auftrag für die Branche, den Ausstieg aus dem Kükentöten mit Hochdruck voranzutreiben. Um dies realisieren zu können, müssen praxistaugliche Alternativen verfügbar sein oder entwickelt werden.

R. Preisinger. In Deutschland hat das Bundesverwaltungsgericht (BVG) in seinem Urteil vom 13. Juni 2019 die Branche aufgefordert, den Ausstieg aus dem Kükentöten voranzutreiben. Das Gericht war zum damaligen Zeitpunkt der Auffassung, dass «in Kürze» praxisreife Alternativen zur Verfügung stehen werden, die wirtschaftlich weniger belastend sind als die Aufzucht der männlichen Tiere. Aus dem BVG-Urteil ergibt sich also ein klarer Handlungsauftrag, aber keine in Monaten oder Jahren ausgedrückte Zeitvorgabe für die Umsetzung in Deutschland.

Hohe Ressourceneffizienz dank gezielter Zucht auf Eier- und Fleischerzeugung

In der Thematik ist die zeitlich weit zurückreichende Entwicklung der Geflügelzucht zu berücksichtigen, die sich stets an die sich ändernden Anforderungen des Marktes und der Konsumenten anpassen musste. Seit Mitte des letzten Jahrhunderts erfolgte eine Spezialisierung auf getrennte Zuchtlinien für die Eier- bzw. Fleischerzeugung. Dabei wurde die Futtermittelverwertung parallel für beide Produktionsrichtungen stetig verbessert, mit der Folge, dass heute in der Eier- und Geflügelfleischerzeugung weltweit enorme Mengen an Getreide, Soja und Trinkwasser eingespart und klimaschädliche Emissionen deutlich vermindert werden. Auch die Erzeugung hochwertiger und proteinreicher Lebensmittel zu verbraucherfreundlichen Preisen und unter zeitgemässen Nachhaltigkeits- und Klimaschutzbedingungen wurde damit überhaupt erst ermöglicht. Diese entscheidenden Vorteile der Geflügelwirtschaft gewinnen in der weltweiten Klimadebatte aktuell immer mehr an Bedeutung.

Die Legehennenzucht verfolgt seit über 70 Jahren ein spezialisiertes Kreuzungszuchtprogramm, um robuste Hennen zu züchten. Dazu werden reine Linien unter anderem auf Futtereffizienz, Legeleistung und Eiqualität aber auch Verhaltensmerkmale wie Nestgängigkeit oder weniger Fehlverhalten wie Federpicken und Kannibalismus selektiert.

Der Futteraufwand für ein Kilogramm Eimasse – dies entspricht etwa 16 Eiern – konnte so in den letzten Jahrzehnten um ca. 25% gesenkt werden. Die so pro Jahr weltweit eingesparte Futtermenge entspricht etwa der Anbaufläche für 8 Millionen Hektar Getreide (Weizen, Mais, Soja).

Durch die damit einhergehende Verbesserung des CO₂-Fussabdrucks der Eierzeugung leistet die moderne Geflügelzucht kontinuierlich einen positiven Beitrag zum Klimaschutz. Ein weiterer Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Eierzeugung ist die Zucht auf einen längeren Legezyklus (Lebensleistung). Die effektive Produktionsperiode einer Henne liegt heute bei mehr als 60 Legewochen ohne Mauser. Dies trägt auch direkt zu einer Reduzierung der Anzahl der jährlich benötigten weiblichen Küken bei.

Warum werden die Brüder der Legehennen getötet?

Als Folge der auf Effizienz und Tierverhalten ausgerichteten Legehennenzucht sowie der starken negativen genetischen Beziehung zwischen Legeleistung und Brustfleischansatz können männliche Legehybriden nicht wirtschaftlich erfolgreich zur Fleischerzeugung genutzt werden.

Konsumenten wollen diese Tiere auch nicht als ganzen Schlachtkörper kaufen, da die Fleischfülle gegenüber dem spezialisierten Masthähnchen fehlt. Sie werden

deshalb heute weltweit bereits als Eintagsküken getötet und als Tierfutter verwertet.

Eintagsküken stellen für viele Tiere in Zoos, Greifvogelgehegen, Falknerien und in der Heimtierhaltung eine wichtige Futterquelle dar. Sollte das Töten der Küken ohne strenge Ausnahmeregelung vollständig verboten werden, müssten diese Futterküken durch andere, speziell für diesen Zweck erzeugte Wirbeltiere oder gar durch Importe von Küken aus anderen Ländern ersetzt werden. Der Bedarf an ganzen Küken-Tierkörpern für die oben genannten Zwecke wird für Europa auf rund 150 Millionen Stück pro Jahr geschätzt.

Welche Alternativen gibt es?

Nach heutigem Stand stehen grundsätzlich drei Alternativen zur Verfügung, die das Töten der männlichen Küken vermeiden könnten:

1. Wechsel zu Zweinutzungstieren oder anderen Rassen
2. Aufzucht der männlichen Legehybriden
3. Geschlechtsbestimmung im Brutei

Zweinutzungstiere

Die Umstellung auf Zweinutzungstiere würde der Erwartungshaltung der Gesellschaft am besten gerecht werden. Da deren geringerer Fleischansatz mindestens eine 2 bis 3 Wochen längere Mast mit deutlich niedrigerem Brustfleischanteil und einen wesentlich höheren Futtereinsatz

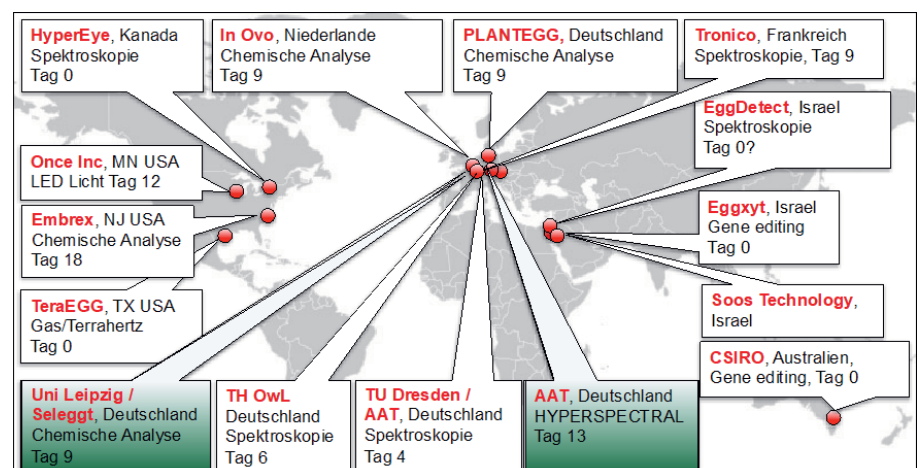


Abb. 1: Weltweit publizierte Forschungsaktivitäten zur Geschlechtsbestimmung im Brutei.

nach sich zieht, schneidet die Fleischerzeugung über Zweinutzungshühner für die breite Praxis aus.

Darüber hinaus legen die Hennen der Zweinutzungsrichtung ca. 20% weniger Eier pro Jahr; die Eier sind ausserdem noch deutlich kleiner. Damit bleibt die Zucht von Zweinutzungshühnern immer ein Kompromiss und würde gleichzeitig mehr Futter und somit Ackerfläche benötigen, was eine flächendeckende Nutzung verhindert. Auch wäre damit ein erheblicher Preisanstieg für Eier und Geflügelfleisch verbunden.

Bruderhahn-Aufzucht

Die weitere Alternative ist die Aufzucht der Brüder der Legehennen. Diese wird seit einigen Jahren in Österreich im Biobereich flächendeckend praktiziert. Dort werden die Hähne in rund 9 Wochen bis auf rund 1 kg Lebendgewicht aufgezogen und anschliessend als Verarbeitungsfleisch verwertet. Diese verkürzte Aufzucht ist bezüglich Effizienz und Nachhaltigkeit vorteilhafter, da sich besonders ab der 9. Lebenswoche die Futtermittelverwertung deutlich verschlechtert (der Tageszuwachs sinkt bei gleichzeitig steigender Futteraufnahme).

Damit Bruderhähne in den begrenzt verfügbaren Suppenhennenschlachtereien technisch überhaupt schlachtfähig und verwertbar sind, muss ein Lebendgewicht von mindestens 1,3 kg erreicht werden. Die Mastdauer beträgt hier wegen des geringen Fleischansatzes je nach Mastintensität 12 bis 15 Wochen. Nach Abzug der Schlachtkosten sind für die Aufzüchter keine Erlöse zu erzielen.

Bei der Bruderhahn-Aufzucht muss die Vermarktung der Eier jene der Hähne subventionieren. Der klare Vorteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass weiterhin eine ressourceneffiziente Erzeugung von Eiern optimaler Grösse und (Schalen-)Qualität möglich bleibt und somit die hohen Konsumentenansprüche an die Eier in gewohnter Weise erfüllt werden. Der grösste Nachteil der Bruderhahnaufzucht im Vergleich zur Geschlechtsbestimmung im Ei ist jedoch die schlechte Ressourceneffizienz, das heisst der hohe Futterbedarf für eine gleichzeitig geringe Fleischproduktion.

Dennoch arbeiten auch in Deutschland Brütereien und Aufzuchtbetriebe derzeit intensiv daran, für die Aufzucht von Bruderhähnen, vor allem im Biobereich, umfangreiche Aufzuchtplätze zu schaffen.

Geschlechtsbestimmung im Ei

Als weitere Alternative werden seit vielen Jahren verschiedene Formen der Geschlechtsbestimmung im Ei erforscht und nun teilweise bereits in der Praxis eingesetzt. In der Abbildung 1 sind alle weltweit publizierten Forschungsaktivitäten dargestellt. Einige davon haben bereits vielversprechende Ergebnisse publiziert. Wiederum andere haben nur blumige Konzepte zur Einwerbung von Fördermitteln publiziert.

Ein wichtiges Kriterium der Praxistauglichkeit ist die Verarbeitungskapazität. Viele Brütereien müssen je Tag 50 000 bis 200 000 Embryonen sortieren. Nur wenn dies möglich ist, kann eine vollständige Umstellung erfolgen. Dies erfordert beispielsweise bei einer Hormon- oder einer PCR-Analyse Labors mit einer sehr schlagkräftigen Logistik und Diagnostik.

Weiter steht der Zeitpunkt der Geschlechtsbestimmung und damit der Abbruch des Brutprozesses für die männlichen Embryonen im Fokus der öffentlichen bzw. ethischen Diskussion. Zurzeit ist kein praxisreifes Verfahren vor dem 9. Bebrütungstag verfügbar.

Sicher ist, dass fast alle Verfahren der Embryonensortierung zu einer deutlich höheren Fehlerrate führen werden (3 bis 5%) bzw. dass sich einige Embryonen nicht sicher einem Geschlecht zuordnen lassen. Deshalb müssen sich die Aufzuchtbetriebe auf die Aufzucht dieser Hähne einstellen, wobei zu beachten ist, dass sich die Haltungsanforderungen für männliche Legehybriden von jenen für die heutigen spezialisierten Masthähnchen unterscheiden. Ein Schulterchluss mit der Hahnen-Aufzucht bietet sich deshalb an.

Verschiedene Ansätze zur Geschlechtsbestimmung im Ei

Sortierung der Eier vor der Bebrütung

Eine Sortierung der befruchteten Bruteier vor der Bebrütung wäre unter allen Gesichtspunkten die beste Lösung.

Wissenschaftler in Australien und Israel sind dabei, ein Fluoreszenzgen in das Geschlechtschromosom zu transferieren, welches dann geschlechtsspezifisch weitervererbt wird. Die Elterntiere legen dann Bruteier mit fluoreszierenden männlichen Embryonen. Die weiblichen Embryonen tragen keine Modifikation in sich und werden als Legehennen zur Konsumeierproduktion genutzt. Die transgenen männli-

chen Embryonen können vor der Einlage in den Brutschrank aussortiert und einer gesonderten Verwertung zugeführt werden.

Ob ein solches Verfahren in Europa auf Akzeptanz stösst, ist äusserst fraglich. Ferner gibt es noch keine praktischen Erfahrungen, da entsprechend modifizierte Elterntiere noch nicht verfügbar sind.

Zwei Firmen bzw. drei Verfahren sind am weitesten fortgeschritten

Aus den zahlreichen Forschungsprojekten bieten aktuell nur zwei Unternehmen bereits Küken aus den Verfahren der In-Ovo-Geschlechtsbestimmung am europäischen Markt an.

Dies ist zum einen die Firma Seleggt (<http://www.seleggt.de>), die den endokrinologischen Ansatz verfolgt, das heisst die Analyse der Hormonkonzentration oder deren Derivate in einer Flüssigkeitsprobe aus dem Brutei um den 9. Bruttag (Abbildung 2).

Zum anderen arbeitet die Firma Agri Advanced Technologies GmbH (AAT; <https://www.agri-at.com>) an optischen Verfah-

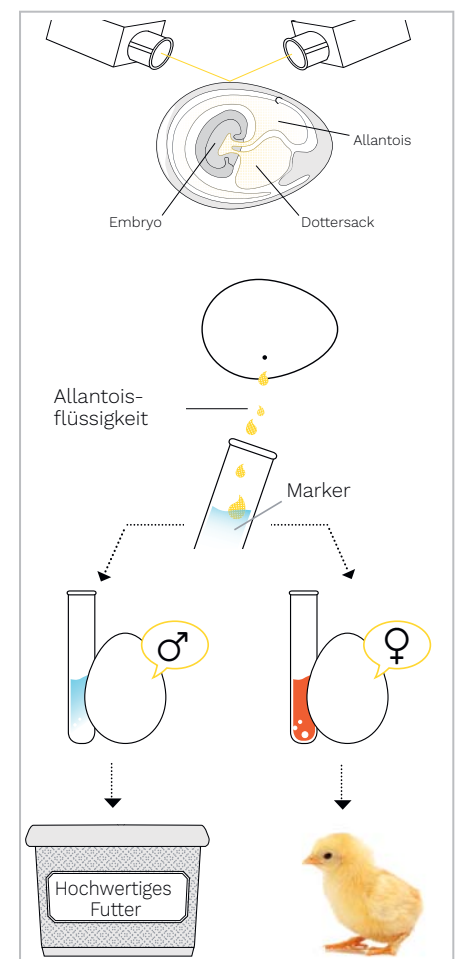
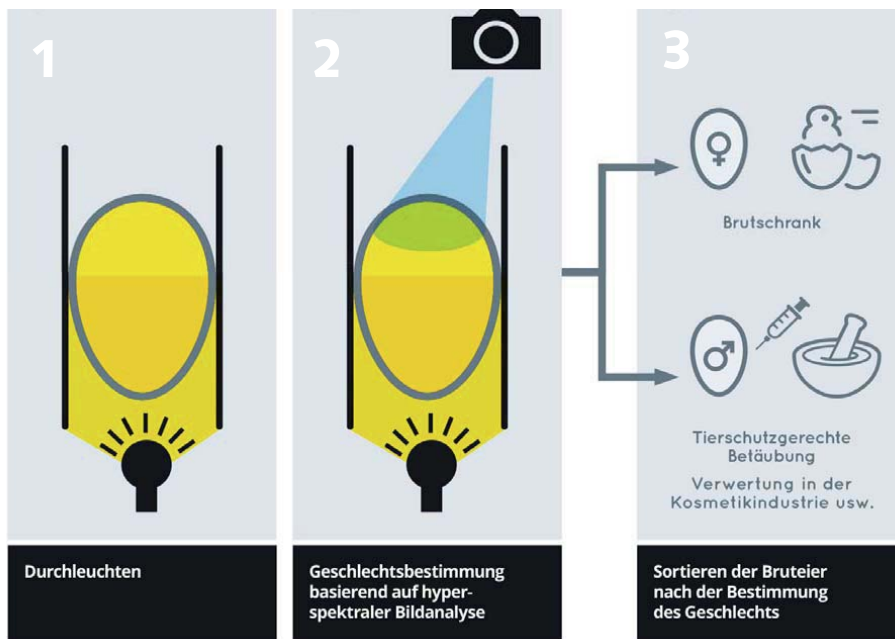


Abb. 2: Schematischer Aufbau für das Seleggt-Verfahren zur Hormonalanalyse.



se für Braunleger hat in den letzten Monaten ihre hohe Durchsatzleistung schon mehrfach im Brüterialtag bestätigt, da die Messung das Ergebnis sofort und ohne Manipulation der Eier liefert und in einem Arbeitsgang die Embryonen nach Geschlecht sortiert werden.

Bestimmung aufgrund «genetischem Fingerprint»

Der Ansatz von Plantegg (<https://www.plantegg.de>) befindet sich derzeit ebenfalls in der praktischen Erprobung und beruht ebenfalls auf der Analyse einer kleinen Flüssigkeitsprobe aus dem Ei. Dabei wird jedoch nicht die Hormonkonzentration, sondern tatsächlich das genetisch kodierte Geschlecht (Erbmaterial DNA) des Embryos analysiert. Die wenigen Tropfen Allantoisflüssigkeit werden mit einem Reaktionsmedium zusammengeführt. In der PCR-Maschine (Polymerase-Kettenreaktion) findet die Vermehrung des Erbmateri- als statt.

Der Geschlechtsnachweis über eine PCR ist sehr präzise und weniger abhängig vom Bebrütungsstadium, aber mit einer Stunde Bearbeitungszeit aufwendig und kostenintensiv. Bezüglich Kosten ist er vergleichbar mit dem hormonellen Ansatz von Seleggt. Das Unternehmen Plantegg will das Verfahren hochskalieren, damit später ein Aufzuchtstall aus einem Schlupf befüllt werden kann. Derzeit wird der 9. Bebrütungstag getestet. Dies mit der Option, später auf ein früheres Stadium zu wechseln und bedarfsgerechte Kapazitäten für kleine und grosse Brütereien bereitstellen zu können.

Weitere Ansätze

Weitere Ansätze, die auf Magnetresonanztomographie oder Massenspektrometrie beruhen, befinden sich noch im Stadium der Grundlagenforschung. Sie sind alle weit von einer Praxistauglichkeit entfernt, da eine Erprobung im Brüteriebetrieb bisher noch nicht erfolgte und somit erste Erfahrungswerte fehlen.

Fazit, Ausblick

Für den Ausstieg aus dem Kükentöten gibt es derzeit keinen Königsweg. Somit sind alle verfügbaren Alternativen zumindest für eine Übergangszeit zu nutzen, um wie gefordert den Ausstieg schrittweise zu beginnen. Die Geschlechtsbestimmung im Brutei ist jedoch aus verschiedenen



↑ **Abb. 3:** Schematischer Aufbau der Hyperspektralanalyse («Embryonales Farbsexing») bei Braunlegern am 13. Bruttag.
Quelle: AAT

← **Abb. 4:** Hyper-spektralanalyse im praktischen Einsatz bei einem Durchsatz von 20.000 Bruteiern je Stunde.
Foto: AAT

ren bis hin zur Praxisreife. Das Verfahren der Geschlechtssortierung der Embryonen von Braunlegern am 13. Bruttag (Hyperspektralanalyse; «Embryonales Farbsexing», Abbildung 3) ist bereits so weit entwickelt, dass es als Brückentechnologie in verschiedenen Ländern und Brütereien sofort flächendeckend und in hohem Stundendurchsatz eingesetzt werden kann (Abbildung 4).

Als weiteres, bereits intensiv beforschtes und in Brütereien getestetes Verfahren ist die Ramanmessung (Tag 3 bis 5, ebenfalls Firma AAT) zu nennen. Diese ermöglicht bereits eine sehr frühe Geschlechtsdetektion ab dem 3. Tag bei einer Genauigkeit um 95% im Labormassstab (BLE Projekt Dresden/Leipzig). Dafür muss die Eischale durch einen Laser geöffnet und eine präzise Messung an den Blutgefässen des Embryos durchgeführt werden. Dieses hochanspruchsvolle Verfahren konnte bisher

nicht über den Labormassstab hinaus skaliert werden. In grösseren und umfangreich angelegten Versuchen in Brütereien konnte die Firma AAT die publizierten Laborergebnisse bisher noch nicht reproduzieren. Die Fehlerquote unterliegt hier starken Schwankungen und der Stundendurchsatz ist bei weitem unzureichend.

Zwei Verfahren sind praxistauglich

Das Verfahren von Seleggt und die hyperspektrale Technik von AAT haben die Praxiserprobung in Testbrütereien erfolgreich absolviert. Küken aus diesen Verfahren sind in Aufzucht- und Legebetrieben eingestallt und legen Eier. Die Kapazitäten sollen nun schrittweise gesteigert werden, damit noch grössere, marktrelevante Mengen geliefert werden können und der Ausstieg schrittweise gemeinsam mit der Bruderhahn-Aufzucht vollzogen werden kann. Vor allem die Hyperspektralanaly-

Gründen, insbesondere mit Blick auf die Nachhaltigkeit, eindeutig zu favorisieren. Der grosse privatwirtschaftliche und öffentliche Forschungsaufwand muss nun möglichst schnell zu einer Weiterentwicklung solcher Verfahren führen. Ziel ist eine sichere Sortierung vor dem 7. Bebrütungstag, und dies zu Kosten, die unter dem Preis der Hahnen-Aufzucht liegen. Damit könnten Ökologie, Ökonomie und Ethik in Einklang gebracht werden.

Sobald in naher Zukunft genügend schlagkräftige Anlagen für den Brüte-
reieinsatz verfügbar sind, kann flächendeckend auf das Töten der männlichen Eintagsküken verzichtet werden. Dazu konkrete Zeitziele zu fordern, wäre jedoch unseriös.

*Prof. Dr. Rudolf Preisinger,
EW GROUP GmbH, Hogenbögen* ■

Optionen für den Ausstieg aus dem Kükentöten in der Schweiz

Für den Ausstieg aus dem Töten männlicher Eintagsküken ist in jedem Land eine Branchenlösung anzustreben. Eine einheitliche Vorgehensweise ist die einzige vertrauensbildende Massnahme, ohne die Konsumenten völlig zu verwirren.

Aktuell werden in der Schweiz Alternativen erforscht und in der Praxis umgesetzt:

- Zweinutzungshühner werden bereits seit sechs Jahren gehalten. Die Nachfrage ist seit Beginn marginal.
- Teilweise werden Bruderhähne gemästet. Demeter hat die Mast der Brüder in den Richtlinien seit 2019 vorgeschrieben. Die Herausforderung in Bezug auf Haltung und Vermarktung ist bereits jetzt gross.
- Es läuft ein Versuch mit importierten Legeküken, die mit dem Seleggt-Verfahren in Barneveld NL am 8./9. Bruttag selektiert wurden. Die Eier der künftigen Hennen

werden im Herbst in den Laden kommen.

Der Bio-Bereich favorisiert Zweinutzungsrassen und die Aufzucht der Hähne. Die Richtlinien dafür wurden an der DV von BioSuisse verabschiedet.

Für die konventionelle Produktion wird auf die Geschlechtsbestimmung im Ei gesetzt, wenn diese ethisch vertretbar, marktfähig und nachhaltiger ist als die heutige Praxis.

Nebst der medialen Diskussion gibt es auch politische Vorstösse. Meret Schneider, Nationalrätin der Grünen, hat im Juni eine Motion eingereicht mit dem Ziel, die Tötung der männlichen Küken zu verbieten.

Die Realität ist jedoch, dass die Geschlechtsbestimmung im Ei noch nicht serienreif ist und alle Lösungen noch etliche Nachteile haben. Ein Zeitplan für den Ausstieg festzulegen, ist deshalb falsch.

GalloSuisse

Vorträge am Geflügelforum der SuisseTier 2019

Wo steht die Geschlechtsbestimmung im Brutei heute?

Im Geflügelforum an der diesjährigen SuisseTier waren Referenten aus dem In- und Ausland zu hören – unter anderem zum gegenwärtigen Stand der Geschlechtsbestimmung im Brutei, einer allseits mit Spannung erwarteten Thematik. Weitere Themen waren die Ausstellung von Legehennen, Rampen in Volieren sowie die Wintergartennutzung bei Mastpoulets.

gl. Gesellschaft und Geflügelwirtschaft in vielen Ländern warten gespannt auf die Fortschritte bei der Geschlechtsbestimmung im Brutei. Dabei ist der Blick häufig nach Deutschland gerichtet, wo schon viel Grundlagenarbeit geleistet wurde und wo auch der politische Druck sehr hoch ist: Die deutsche Agrarministerin Julia Klöckner setzte der einheimischen Geflügelbranche eine Frist für den kompletten Ausstieg aus dem Kükentöten bis Ende 2021.

Geschlechtsbestimmung im Ei

Thomas Bartels vom Friedrich-Loeffler-Institut in Celle D (vormals an der Universität Leipzig tätig) ist selber in der Forschung zur spektroskopischen Geschlechtsbestimmung im Ei tätig. Er stellte in seinem Referat die verschiedenen Verfahren vor, die sich gegenwärtig in der Forschung und der technischen Entwicklung befinden. Die Methoden sowie ihre Vor- und Nachteile sind in Tabelle 1 zusammengestellt. (Siehe zudem auch Artikel in der SGZ 11/18).

Wie Bartels monierte, kursierten in den

Medien oft vorschnelle Erfolgsmeldungen zu neuen Techniken, die aber noch weit von der Praxistauglichkeit entfernt sind.

Bislang ist nur die endokrinologische Methode von Seleggt im praktischen Einsatz in Deutschland: Dort sind schon Eier von solchen Hühnern in den Läden der REWE-Gruppe erhältlich. Die Stundenleistung von 3000 Eiern ist aber bescheiden, schlüpfen doch in grossen Brütereien Deutschlands bis zu 100000 Küken pro Tag. Zudem beurteilen etliche Kreise den Zeitpunkt der Bestimmung am 9. Bruttag als zu spät.

Tatsächlich ist für die gesellschaftliche Akzeptanz eines Verfahrens der Zeitpunkt der Geschlechtsbestimmung entscheidend. In der Frage, ab wann der Embryo Schmerz empfinden kann, ist sich die Forschung aber nicht einig – die Angaben reichen vom 7. bis zum 13. Tag oder sogar darüber hinaus. Klar ist offenbar nur, dass ein Schmerzempfinden rein anatomisch vor dem 7. Tag nicht möglich ist.

Die spektroskopische Geschlechtsbestimmung nach 3,5 Bruttagen ist bezüglich

des Zeitpunktes also im Vorteil. Ein Prototyp der Firma AAT zur vollautomatisierten Bestimmung am geöffneten Ei befindet sich momentan im Praxistest. Zum Zeitpunkt der Marktreife macht die Firma aber noch keine konkreten Angaben.

Das spektroskopische Verfahren am un-geöffneten Ei ist gegenwärtig in Forschung. Die Herausforderung liegt hier in den diversen Einflussfaktoren der Schale. Zudem stellt in Deutschland der Bund kein Forschungsgeld mehr zur Verfügung, da er schon zwei Verfahren bis zum Stand der technischen Reife mitfinanziert hat.

Zu den übrigen Verfahren gibt es ebenfalls wenig oder keine konkreten Angaben zum Stand der Praxisreife. Entsprechende Termine wurden häufig hinausgeschoben.

Die Situation für die Geflügelbranche, aber auch für die Forschung und Entwicklung ist insofern unbefriedigend, als Gesellschaft und Politik – vor allem in Deutschland – einen hohen Druck zur Beendigung des Kükentötens auf aufgebaut haben. Aber Zeitdruck hilft wenig....

ohne Forts.

Tabelle 1: Übersicht über die verschiedenen Methoden der Geschlechtsbestimmung im Brutei in Forschung und Entwicklung. Tag = Mindest-Bebrütungsdauer der Eier in Tagen bis zum Bestimmungszeitpunkt (Zusammenstellung der Angaben aus dem Vortrag von Dr. T. Bartels).

Verfahren	Prinzip, Methode	Tag	Wer/wo	Vorteile	Nachteile
Spektroskopie (Nah-Infrarot-Raman)	Belichten der Blutgefässe im Brutei und Analyse der reflektierten Wellenlängen: a) durch ca. 1 cm grosse Öffnung in der Eischale oder b) durch intakte Schale hindurch	3.5	Technische Uni Dresden, Uni Leipzig (a und b) AAT GmbH (a) (www.agri-at.com) (Deutschland)	a: präzise, fortgeschrittene Technik b: Eischale unversehrt	a: technisch aufwendig, Bruthygiene/Schlupfrate? b: Forschungs-/Entwicklungsbedarf (div. Einflüsse der Schale)
Biochemische Verfahren (endokrinologisch)	Entnahme von Flüssigkeit aus dem Brutei und Untersuchung auf Geschlechtshormone bzw. Biomarker	9	SELEGGT GmbH (https://seleggt.de) In Ovo (https://inovo.nl) (Deutschland, Holland)	präzise kleine Öffnung in der Schale praxisreif (Seleggt)	später Zeitpunkt (Schmerzempfinden) Gesellschaftliche Akzeptanz?
Magnetresonanztomografie (MRT)	MRT-Untersuchung der Bruteier auf Befruchtung und Geschlechts-Determinierung	?	Techn. Uni München, Orbem GmbH (https://orbem.ai) (Deutschland)	Eischale unversehrt	Forschungs-/Entwicklungsbedarf
Gen-Manipulation (Fluoreszenz-Markergene)	Gentechnisch veränderte Hennen legen männlich determinierte Eier, die fluoreszieren (unter UV-Licht leuchten)	0	EggXYt (www.eggxyt.com) (Israel)	präzise früh (vor der Brut) Eischale unversehrt	Geringe gesellschaftl. Akzeptanz (Gentech), derzeit nur in Medizin und Forschung zulässig
Embryonales «Farbsexing»	Farbpigmente im Gefieder werden mittels Hyperspektralanalyse erkannt	13	EVONTA (https://evonta-technology.de) (Deutschland)	Eischale unversehrt	Zurzeit nur bei Braunlegern möglich, sehr später Zeitpunkt
Hyperspektralanalyse	Scannen der Bruteier mittels Hyperspektralanalyse	0	Hypereye (keine Webseite) (Kanada)	früh (vor der Brut) Eischale unversehrt	Art und Stand des Verfahrens unbekannt

Aktuelle Entwicklungen bei der Geschlechtsbestimmung im Hühnerei

Aus und vorbei mit dem Überraschungsei?

Das Töten männlicher Küken von Legelinien ist heute eine ethische Frage mit grosser gesellschaftspolitischer Tragweite. Die Geflügelwirtschaft und die Wissenschaft sind fieberhaft auf der Suche nach Alternativen. Der nachfolgende Beitrag von Autoren der beiden Universitäten Leipzig und Dresden, die massgeblich an der Erforschung von technischen Lösungen zur Geschlechtsbestimmung im Brutei beteiligt sind, gibt einen Überblick zum gegenwärtigen Stand der Technik.

T. Bartels. Hohe Legeleistung und gleichzeitig hohe Mastleistung schliessen sich aus, was die gleichzeitige Optimierung beider Nutzungseigenschaften beim Haushuhn verhindert. In der Wirtschaftsgeflügelhaltung kommen deshalb spezialisierte Lege- und Mastlinien zum Einsatz. Während die Hennen bei den Mastlinien ebenfalls der Fleischproduktion dienen, wird der überwiegende Teil der Hähne von Legelinien unmittelbar nach dem Schlupf aussortiert und anschliessend tierschutzgerecht getötet. Eine wirtschaftliche Mast und Vermarktung der Hähne ist nicht oder nur für einen Nischenmarkt möglich.

Die Vermeidung der routinemässigen Tötung männlicher Eintagsküken ist aber zu einem Anliegen von erheblicher ethischer, rechtlicher und gesellschaftspolitischer Tragweite geworden. Dies gilt in besonderem Masse für die Bio-Eierproduktion, die von der Problematik genauso betroffen ist wie die konventionelle Produktion.

Allein in Deutschland werden jährlich rund 45 Millionen männliche Küken getötet und überwiegend als «Futterküken» verwendet. Weltweit wird der Bestand an Legehennen auf rund 7 Milliarden Tiere geschätzt. Die Entwicklung von Alternativen zum Kükentöten würde also auf internationaler Ebene einen wertvollen Beitrag zur Lösung der Problematik liefern.

Praxistaugliche Alternativen zum Kükentöten stehen zwar bislang noch nicht zur Verfügung, die Forschung und Entwicklung in diesem Bereich wird jedoch mit Hochdruck vorangetrieben.

Bruderhähne oder Zweinutzungshühner?

Die mangelnde Rentabilität der Aufzucht der «Legehennenbrüder» resultiert unter anderem aus ihrer längeren Mastdauer, einer tieferen Mastleistung bei höherem Futteraufwand und einem geringeren Anteil am besonders geschätzten Brustfleisch. Die Schlachtkörper entsprechen auch optisch nicht dem Verbraucherideal vom «vollfleischigen Brathähnchen» und

benötigen besondere Zubereitungsverfahren, was eine Vermarktung auf breiter Basis erschwert. Die Mast von männlichen Legehybriden und ihre Vermarktung als sogenannte «Bruderhähne» sind daher als Nischenproduktion zu betrachten.

Alternativ wird durch Kreuzung von Mast- und Legelinien die Zucht sogenannter «Zweinutzungshühner» als Kompromisslösung verfolgt. Solche bereits kommerziell erhältlichen Zuchtlinien, wie zum Beispiel «Lohmann Dual», weisen allerdings noch deutlich geringere wirtschaftliche Leistungen (geringere Legeleistung und Eigrossen, höherer Futterverbrauch bei längerer Mastdauer, weniger Brustmuskulatur) als die spezialisierten Lege- und Mastlinien auf. Trotz Akzeptanz durch den Konsumenten lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nur ein sehr spezielles Marktsegment mit Produkten von Zweinutzungshühnern bedienen.

Geschlechtsbestimmung im Ei: die Lösung des Problems?

Zahlreiche Verfahrenserfindungen zur Lösung des Problems über eine Geschlechts-Frühbestimmung im Ei wurden zur Patentierung angemeldet oder in Pressemitteilungen bekundet («Durchbrüche bei der Geschlechtsfrüherkennung»). Den vorliegenden Unterlagen ist jedoch meist nicht zu entnehmen, inwieweit sich die jeweiligen Erfindungen auch praktisch umsetzen lassen. Oft fehlen auch wissenschaftlich überprüfbare Angaben zur Methodik, zur Diagnosegenauigkeit sowie zu weiteren relevanten Aspekten (Schnelligkeit, laufende Kosten, Präzision, Schlupfrate, Tiergesundheit und Leistungsparameter der Hennen usw.).

«Hypereye»-Verfahren

Gerade zu dem in Kanada entwickelten «Hypereye»-Verfahren fehlen genauere Angaben zur Methodik. Das «Hyperspectral imaging» am unbebrüteten Ei soll nicht nur die Bestimmung der Befruchtung, sondern auch des Geschlechts erlauben.

«EggXYt»-Verfahren

Das sog. «EggXYt»-Verfahren wird ebenfalls als eine praktikable Möglichkeit für die in ovo-Geschlechtsbestimmung bei Hühnern diskutiert (www.eggxyt.com). Es beruht auf Genmanipulation mittels artfremder Fluoreszenz-Markergene. Erreicht werden kann dies durch die Erzeugung gentechnisch veränderter Hennen auf Elterntierebene. Durch Kennzeichnung des Z-Chromosoms von Zuchthennen mit einem Biomarker (einem grün fluoreszierenden, aus Quallen isolierten Protein) können bei Verpaarung mit nicht gentechnisch veränderten Hähnen auf Vermehrungsebene bereits vor der Bebrütung männlich determinierte Eier anhand ihres Fluoreszenzverhaltens identifiziert und aussortiert werden. Die aus solchen Verpaarungen schlüpfenden Legehennenküken weisen keine Fremdgene auf.

«SELEGGT»-Verfahren

Bei der unter der Bezeichnung «SELEGGT-Verfahren» propagierten endokrinologischen Methodik kann das Geschlecht nach 9-tägiger Bebrütung bestimmt werden. Die Bruteier werden dazu aus dem Brutschrank genommen, positioniert und auf Befruchtung getestet. Alle Eier, in denen Embryonen nachgewiesen wurden, werden anschliessend mit einer feinen Nadel punktiert. Aus der zu diesem Entwicklungszeitpunkt bereits ausgedehnten embryonalen Harnblase wird eine geringe Flüssigkeitsmenge entnommen. In dieser Flüssigkeit befindet sich bei einem weiblichen Embryo ein weibliches Geschlechtshormon (Östronsulfat). Mittels eines Markers, der auf das Vorhandensein von Östronsulfat mit einem Farbumschlag reagiert, lassen sich jetzt Bruteier, die weibliche Embryonen enthalten, von «männlichen» Eiern sowie nicht entwicklungsfähigen Eiern unterscheiden. Für die automatische Beprobung zur Hormonanalyse soll laut Medienberichten auf der Euro-Tier 2018 in Hannover erstmals eine Vorrichtung (SELEGGT Acus) präsentiert

worden sein, die automatisch die korrekte Positionierung der Eier sowie eine Probenentnahme von Allantoisflüssigkeit und deren Überführung in die Messeinrichtung ausführen soll. Als gegenwärtig realisierte Stundenleistung wird ein Durchsatz von 3500 Eiern angegeben (www.seleggt.de).

«In Ovo»-Verfahren

Eine Analyse nicht näher benannter Biomarker, die ebenfalls durch Punktion der embryonalen Harnblase gewonnen werden, wird auch bei dem in den Niederlanden entwickelten «In Ovo»-Verfahren als Methode zur Fruchtbarkeits- und Geschlechtsbestimmung bebrüteter Eier verwendet (<https://project.inovo.nl>).

Magnetresonanztomografie

Im Rahmen eines kürzlich von der Technischen Universität München vorgestellten Ansatzes sollen Magnetresonanztomografie und künstliche Intelligenz in der Auswertung der Daten verknüpft werden, um den Befruchtungstatus von Eiern noch vor Brutbeginn sowie das Geschlecht der Embryonen noch vor dem siebten Bruttag präzise zu bestimmen. Die Kombination dieser beiden Technologien soll es ermöglichen, zum einen das Töten von männlichen Eintagsküken zu stoppen und zum anderen nicht befruchtete Eier in der Lebensmittelindustrie zu verwerten. Laut Pressemitteilung der TU München vom 28. Juni 2018 wird besonders die Methode zur Bestimmung des Befruchtungstatus als ausgereift betrachtet. Die Geschlechtsbestimmung funktioniert auch, bedürfe aber noch mehr Forschungsarbeit, um die Genauigkeit zu verbessern. Mit der Installation eines Prototyps in einer Brüterei wird in den nächsten zwei Jahren gerech-

net. Das Magnetresonanz-Gerät zur Bestimmung der Befruchtung der Eier und des Geschlechts der Embryonen soll dabei identisch sein, nur die Bildauswertung muss auf die jeweilige Messaufgabe hin optimiert werden.

Spektroskopische Verfahren

Bei den spektroskopischen Untersuchungen der befruchteten Eier werden Lichtstrahlen in das geöffnete beziehungsweise ungeöffnete Ei gesendet. Von den Blutgefässen des sich in Entwicklung befindlichen Embryos werden bestimmte Wellenlängen zurückgestrahlt, wobei sich diese bei männlichen und weiblichen Embryonen unterscheiden.

An der Entwicklung praxistauglicher Verfahren zur Geschlechtsbestimmung im Ei mittels dieser spektroskopischen Methode arbeitet seit geraumer Zeit ein interdisziplinär zusammengesetztes Forschungskonsortium der Technischen Universität Dresden und der Universität Leipzig, zusammen mit Wirtschaftspartnern, darunter die Lohmann Tierzucht GmbH, ein bedeutendes Unternehmen in der Legehennenzucht. Die Förderung dieser Forschungsarbeiten erfolgt zurzeit noch durch das deutsche Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Förderkennzeichen 2813IP003).

Im Folgenden soll das spektroskopische Verfahren genauer vorgestellt werden.

Spektroskopische Geschlechtsbestimmung im Ei: Vorteile, Verfahren und Perspektiven

Ein wesentlicher Aspekt ist der Zeitpunkt der Geschlechtsbestimmung, da die Empfindungsfähigkeit auch bei Vogel-embryonen bis zu einem bestimmten Entwicklungsstadium noch nicht entwickelt ist. Vor dem siebten Bebrütungstag ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand noch keine Empfindungsfähigkeit beim Hühnerembryo zu erwarten. Die spektroskopischen Analyseverfahren sind bereits zu einem frühen Zeitpunkt, nämlich am vierten Bebrütungstag einsetzbar und erlauben innerhalb weniger Sekunden einen detaillierten Einblick in die molekulare Zusammensetzung komplexer biologischer Stoffsysteme.

Mit Blick auf die Optimierung der Geschlechtsbestimmung für die industrielle Anwendung kristallisierte sich nach lang-

jährigen Untersuchungen die Fluoreszenz- und Nahinfrarot-Ramanspektroskopie als die geeignetste Methode zur Geschlechtsbestimmung heraus. Deren grosser Vorteil ist unter anderem die kontaktlose Untersuchung. Die Geschlechtsbestimmung erfolgt nach rund dreieinhalb Bebrütungstagen. Da sich zu diesem Zeitpunkt bereits ein embryonales Blutgefässsystem entwickelt hat, lassen sich Blutbestandteile sowie die beim Vogel über einen Zellkern verfügbaren Erythrozyten als Informationsträger für eine Geschlechtsdiagnose nutzen. Die Lichtspektren männlicher Blutzellen weisen gegenüber denen weiblicher Blutzellen geringfügig stärkere Signale im Bereich der Nukleinsäuren sowie eine stärkere Fluoreszenz auf. Mittels eines neuartigen, patentierten multiplen Klassifikations-Algorithmus ergibt sich zurzeit eine Prognosegenauigkeit von mehr als 95%.

Vorteile spektroskopischer Verfahren

Gegenüber den auf biochemischer Analytik basierenden Methoden bieten spektroskopische Verfahren aus ökonomischer Sicht mehrere Vorteile. Dazu zählen unter anderem die extrem niedrigen Verbrauchskosten (Verschlussmaterial für als «weiblich» identifizierte Eier), aber auch Möglichkeiten, die sich aus dem sehr frühen Untersuchungszeitpunkt ergeben. So können während der spektroskopischen Messung nicht entwicklungsfähige Eier erkannt und aus dem Brutprozess entfernt werden. Die spektroskopischen Untersuchungen sind kontaktlos, d.h. es muss kein biologisches Material entnommen werden. Somit müssen zwischen den einzelnen Messungen keine Geräteteile oder Materialien gereinigt oder sogar ersetzt werden, wodurch das Risiko einer Verschleppung von Keimen enorm verringert wird.

Eine Messung dauert einschliesslich des Erhalts der Geschlechtsinformation nur wenige Sekunden, wodurch eine Sortierung der Eier nahezu in Echtzeit ermöglicht wird. Im Gegensatz zu zeitintensiven Verfahren der Geschlechtsbestimmung ist eine Zwischenlagerung der Eier im Brutschrank bis zum Erhalt der Ergebnisse nicht notwendig. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist der frühe Zeitpunkt der Geschlechtsbestimmung nach dreieinhalb Tagen Bebrütung. Vor dem siebten Bebrütungstag ist wie bereits erwähnt keine Sensitivität des Hühnerembryos zu erwarten. Zudem entfallen komplizierte

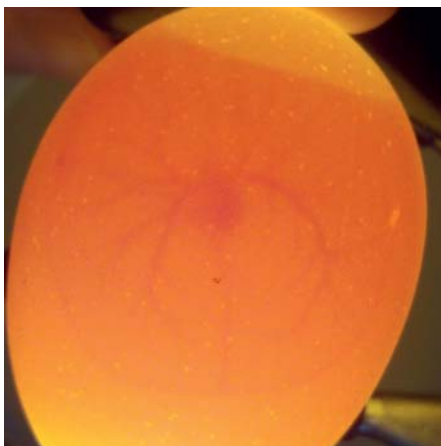


Bild: Am 4. Bruttag sind die embryonalen Blutgefässe beim Durchleuchten sichtbar.
Foto: G. Preusse, TU Dresden

Tötungsmethoden der männlichen Embryonen. Darüber hinaus ist eine Verwertung der aussortierten Eier als tierische Nebenprodukte möglich, beispielsweise als hochwertige Proteinquellen für die Verarbeitung in Futtermitteln.

Drei Schritte: Öffnen, Analysieren und Wiederverschliessen des Eies

Für die ursprünglich gewählte Methodik der Geschlechtsdiagnose stellt die Eischale noch eine undurchdringliche Barriere dar, sodass zunächst ein optischer Zugang geschaffen werden muss. Diese Öffnung in der Eischale erfolgt durch den Einsatz geeigneter CO₂-Laser, die im Bruchteil einer Sekunde einen definierten, scharf randbegrenzten Abtrag der Kalkschale ermöglichen, wobei noch ein dünner Steg der Kalkschale erhalten bleibt. Dies stellt sicher, dass keine energiereiche Laserstrahlung ins Innere des Eies gelangt und der Embryo nicht geschädigt wird. Durch eine Kreisbewegung des stark fokussierten Laserstrahls wird eine Sollbruchstelle erzeugt.

Nach Öffnung der Kalkschale erfolgt die spektroskopische Analyse. Hierzu muss der Anregungslaser exakt in das Zentrum eines embryonalen Blutgefässes fokussiert werden. Zur Automatisierung wurde ein Zwei-Kamera-System entwickelt, mit welchem die Auswahl geeigneter Blutgefässe erfolgt. Die Spektren der von embryonalem Blut zurückgestreuten Strahlung weisen neben den Ramanbanden («molekularer Fingerabdruck») eine geschlechtsspezifische, intensive Fluoreszenz auf, die bei männlichen Tieren im Mittel stärker ausgeprägt ist. Auch die spektrale Verlaufsform der Fluoreszenz ist bei einer Anregungswellenlänge von 785 nm stark geschlechtsabhängig und wird zur Klassifizierung genutzt.

Für den Verschluss der Bruteier nach erfolgter Geschlechtsbestimmung wurden verschiedene Materialien getestet und miteinander verglichen. Eine sehr gute Eignung konnte für verschiedene medizinische Pflaster nachgewiesen werden, die gut verträglich sind und zudem einen stabilen Verschluss unter Beibehaltung einer gewissen Durchlässigkeit ermöglichen.

Verfahren technisch umgesetzt

Die zur EW-Group gehörende Agri Advanced Technologies GmbH (AAT GmbH; www.agri-at.com) hat mittlerweile eine technische Lösung entwickelt, die auf

den Ergebnissen der oben beschriebenen Grundlagenforschung zur spektroskopischen Geschlechtsbestimmung aufbaut.

Gemäss eigenen Angaben der Firma konnten in umfangreichen Voruntersuchungen die Funktionalität und die Vorteile dieses Ansatzes hinsichtlich der Genauigkeit der Geschlechtsbestimmung und der Beeinflussung der Schlupfraten eindeutig nachgewiesen werden.

Künftig Analyse am intakten Ei?

Anfang 2018 gelang ein weiterer entscheidender Durchbruch in der Weiterentwicklung der spektroskopischen Methode. Basierend auf den über mehrere Jahre gewonnenen Kenntnissen, wo und wie das Geschlecht im Ei codiert ist, kann die Methode nunmehr auch bei intakter Eischale angewendet werden. Das Ei muss also nicht mehr aufwändig geöffnet und danach wieder verschlossen werden.

Nach 3,5-tägiger Bebrütung kann das embryonale Blutgefässsystem bereits durch die Eischale mit blossen Auge erkannt werden. Für die Geschlechtsbestimmung wird nun ein bestimmter spektraler Teil des Lichtes genutzt. Dazu wird das Ei mit einer herkömmlichen Lichtquelle durchleuchtet. Das von den Blutgefässen reflektierte, transmittierte und auch gestreute Licht wird auf der Eischale aufgefangen und spektroskopisch analysiert. Da das Licht neben den geschlechtsrelevanten Informationen aus dem Blut auch Informationen zu anderen Inhaltsstoffen des Eies trägt, müssen verschiedene mathematische Filter- und Separationsverfahren kombiniert werden, um letztlich die gewünschten, zur Geschlechtsbestimmung verwendbaren Signale zu erhalten.

Kein Ei gleicht dem anderen, und so ist gegenwärtig die Beherrschung der optischen Variabilität der Eischale noch anspruchsvoll. Sobald alle störenden Einflussfaktoren in den Spektren eliminiert sind, lässt sich anhand des Hämoglobinspektrums das Geschlecht identifizieren. Die spektroskopische Messung erfolgt innerhalb von wenigen Sekunden. Bereits unmittelbar danach können als «männlich» identifizierte Bruteier ebenso wie unbefruchtete beziehungsweise nicht entwicklungsfähige Eier aussortiert und einer weiteren Verwendung zugeführt werden. In den Laborversuchen wurden bisher einfache, preiswerte Spektrometer eingesetzt, ein wichtiger Aspekt für den

wirtschaftlichen Praxiseinsatz in der Legehennenvermehrung.

Ziel künftiger Forschungsarbeiten soll es sein, die Methodik rasch und effektiv für den Einsatz in der Brütereipraxis zu adaptieren, um damit einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung des Kükentötens leisten zu können. Die Automatisierung des Prozesses stellt jedoch dabei eine grosse Herausforderung dar, da Bruteier keine genormten Industrieprodukte sind, sondern eine hohe Variabilität aufweisen (Schalenfarbe, Kalkschalendicke, Entwicklungszustand, Verlauf der Gefässe usw.). Praxistests sollen auch Aufschluss über die Fehlerrate im praktischen Einsatz liefern. Denn die aus fehlsortierten Eiern schlüpfenden Hähne müssten ja aufgezogen und verwertet werden.

T. Bartels¹, K. Cramer¹, R. Galli², E. Koch², G. Preusse², C. Schnabel², G. Steiner² und M.-E. Krautwald-Junghanns¹

¹Universität Leipzig, Veterinärmed. Fakultät, Klinik für Vögel und Reptilien

²Technische Universität Dresden, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, Klinisches Sensing und Monitoring ■