

Klaus Henning Busch

Rückblick: Entwicklung von Geräten zum Embryotransfer bei Rindern

Ein komplexes biotechnisches Verfahren „Embryotransfer-Rind“ ist in der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) in den 1980er-Jahren entwickelt worden. Der Embryotransfer bei Rindern blieb nicht auf Anwendungen im Labormaßstab beschränkt. Durch die Entwicklung eines entsprechenden Gerätesystems konnte dieses Verfahren auch unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis sicher realisiert werden. Eine breite Anwendung dieser effektiven Methode der Reproduktion von großen Tierbeständen war möglich. Das Verfahren und das Gerätesystem hatten Ende der 1980er-Jahre ihre ersten Bewährungsproben in der landwirtschaftlichen Praxis erfolgreich bestanden.

Schlüsselwörter

Embryotransfer, Rinderhaltung, Biotechnik, Labor, Geräteentwicklung, In-vitro-Kultivierung, In-vitro-Befruchtung

Keywords

Embryo transfer, cattle farming, bioengineering, laboratory, development of device, in-vitro-cultivation, in-vitro-fertilization

Abstract

Busch, Klaus Henning

Development of an embryo-transfer system for cattle breeding

Landtechnik 64 (2009), no. 6, pp. 442-446, 4 figures, 17 references

The complex bioengineering method „Embryo transfer in cattle farming“ laid the foundation in the German Democratic Republic (GDR) in the 80's. This method was utilized beyond the use in research labs. The system made possible the broad use of such effective method for the reproduction of big animal herds. End of the 80's the proof of concept was provided for this method and this system in the agricultural environment.

pflanzungsprozesse. Systematische Forschungsarbeiten hatten an den zuständigen Instituten der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR bereits Mitte der 1950er-Jahre begonnen [1; 2; 3]. Ein erstes Ergebnis war die künstliche Besamung in der Rinderhaltung, die mit Beginn der 1960er-Jahre im Zusammenhang mit der Einführung einer „industriemäßigen Produktion“ in der Landwirtschaft flächendeckend praktiziert wurde. Bei diesem Verfahren wird bekanntlich – neben anderen positiven Effekten – das genetische Potenzial der Vartiere sehr gut ausgenutzt [17].

Eine nächste Stufe sollte der Embryotransfer sein, mit dessen Hilfe nicht nur die Planungssicherheit bei der Fortpflanzung weiter zu verbessern war, sondern auch die Möglichkeit bestand, das genetische Potenzial von Muttertieren stärker auszuschöpfen und den züchterischen Fortschritt wesentlich zu fördern. Ein weibliches Rind bekommt während der Nutzungsdauer durchschnittlich drei bis vier Kälber. Gleichzeitig können sich jedoch etwa 50 000 Eizellen entwickeln.

Erste grundlegende Arbeiten auf diesem Gebiet wurden bereits in den 1950er- und 1960er-Jahren durchgeführt. Zielstrebige Arbeiten zur Schaffung eines Verfahrens für die breite Praxisanwendung begannen an den betreffenden Forschungseinrichtungen in den 1970er-Jahren. Ein wichtiges Ergebnis war die Entwicklung von Verfahren zur nichtchirurgischen Übertragung an Stelle der bisher üblichen chirurgischen Embryonengewinnung. Diese wesentliche Vereinfachung wurde um 1980 erreicht.

Weitere Schwerpunkte der Forschungsarbeiten waren die Embryonenzellkultur und die Tiefgefrierkonservierung, die es gestattet, die Embryonen auf eine Temperatur von -196 °C abzukühlen. Bestandteil waren auch die frühzeitige Geschlechterdiagnose, die bereits an 7 Tage alten Rinderembryonen erfolgte, sowie die mikrochirurgische Embryonenteilung zur Erzeugung identischer Zwillinge.

■ Die ab Mitte der 1960er-Jahre in der DDR entstandenen Großanlagen der Tierproduktion erforderten unter anderem auch eine effektive biotechnologische Organisation der Fort-

Mit diesem Stand konnte Anfang der 1980er Jahre der schrittweise Einsatz des Verfahrens in der landwirtschaftlichen Praxis erfolgen. Die ersten Kälber nach der Tiefgefrierkonservierung wurden 1981 in Dummerstorf und 1982 in Jürgenstorf geboren. Begleitet wurden die Forschungs- und Überleitungsarbeiten durch Untersuchungen zur züchterischen und ökonomischen Effizienz.

Bereits seit 1973 bestand ein „Zeitweiliges Internationales Forschungskollektiv Eitransplantation“ unter Federführung des Forschungszentrums für Tierproduktion der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, an dessen Arbeit 25 Wissenschaftler aus sieben osteuropäischen Ländern beteiligt waren.

Verfahren Embryotransfer

Der Embryotransfer ist ein biotechnisches Verfahren, bei dem Embryonen von Spendern (Donoren) künstlich in die Gebärmutter von Empfängern eingebracht werden. Die Embryonen können dabei aus anderen, oft künstlich befruchteten Weibchen oder aus einer In-vitro-Fertilisation (künstliche Befruchtung im Reagenzglas) stammen.

Von einem männlichen Hochleistungstier werden Spermien für die künstliche Befruchtung gewonnen. Das Muttertier, ein Weibchen mit den gewünschten Eigenschaften, wird durch Hormongaben zu einem mehrfachen Eisprung – einer Superovulation – gebracht. Diese Eizellen werden entweder im Muttertier künstlich befruchtet oder aus dem Muttertier entnommen und im Reagenzglas befruchtet. Sie entwickeln sich in vitro zu Embryonen. Die im Muttertier befruchteten Eizellen wachsen ebenfalls zu Embryonen heran und werden etwa sieben Tage nach der Befruchtung aus der Gebärmutter ausgespült. Auf -196 °C tiefgekühlt, können Embryonen konserviert und an beliebigen Einsatzorten in „Leihmütter“ bzw. Ammentiere transplantiert werden.

Gerätetechnik für den Embryotransfer

Die Entwicklung des Embryotransfers in der Nutztierhaltung erfolgte in mehreren Innovationsschüben, die jeweils von den gesellschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Entwicklungen beeinflusst wurden. Ein entscheidender Schritt war dabei die Verlagerung des Verfahrens vom Forschungslabor in die landwirtschaftliche Praxis. Dafür wurde ein komplexes Gerätesystem erforderlich, das unter diesen Bedingungen zuverlässig und effektiv funktionierte. Schwerpunkt der nachfolgenden Ausführungen ist die Entwicklung ausgewählter Positionen dieser durchgängigen Systemlösung, an der der Autor maßgeblich beteiligt war.

Die Umsetzung solcher umfassenden naturwissenschaftlichen Forschungsergebnisse in technische Lösungen erforderte die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Fachgebiete, unter denen auch die Landtechnik einen wichtigen Stellenwert einnahm [4; 5]. Dabei musste die Entwicklung des Gerätesystems für den Embryotransfer und dessen Eingliederung in die Reproduktionsprozesse von landwirtschaftlichen Nutztieren den selben Regeln wie die Entwicklung von System-

lösungen bzw. Maschinensystemen für andere Prozesse der Pflanzen- und Tierproduktion folgen [10; 11]. Unter diesem Aspekt und in Anlehnung an die DDR-Norm TGL 22 290 „Technologische Begriffe der Landwirtschaft“ wurde das Gerätesystem für den Embryotransfer als Gesamtheit verschiedenartiger, hinsichtlich ihrer technischen und technologischen Parameter aufeinander abgestimmter und sich ergänzender technischer Arbeitsmittel zur Durchführung des gesamten Verfahrens verstanden. **Abbildung 1** zeigt das Ergebnis der Analyse des Systems Embryotransfer in vereinfachter Darstellung [9].

Aus dieser Analyse konnten

- das Ziel für die Gestaltung des Gesamtprozesses
- die Grundlagen für das Projektmanagement des Forschungs- und Transfervorhabens
- die präzisierte Problemstellung für ein „Gerätesystem Befruchtungsbiologie“
- die Aufgaben für die einzelnen Geräte des Systems abgeleitet werden.

Für das Gerätesystem Embryotransfer waren – neben dem Einsatz tierärztlicher Standardinstrumente – die Entwicklung, Erprobung und Fertigung insbesondere folgender Geräte erforderlich:

- Gerätetechnik zur Untersuchung der Uterusmotorik
- ultraschallgeführte Follikelpunktionsgeräte
- Spülgeräte zur Oozytengewinnung
- rechnergestützte Bildauswertungssysteme zum Auffinden und Bewerten von Eizellen und Embryonen

Abb. 1



- Geräte zur Kultivierung von Eizellen und Embryonen (Inkubationssystem, Manipulationsbox, regelbarer Bewegungsein-
satz für Oozyten in Nährmedien in Brutschränken)
- Transportgefäße für biologische Materialien
- Mikromanipulatoren für biologische Objekte
- Paillettenboxen für den Embryonentransfer
- programmgesteuerte Tiefgefriereinrichtungen für Embryonen und somatisches Zellmaterial
- programmgesteuerte Thermostaten
- Generatoren zur Fusion embryonaler Zellen
- Implantationskatheter

Die folgenden Geräte bilden die Hauptelemente des Gerätesystems Embryotransfer.

Gerätetechnik zum Erfassen der Uterusmotorik

Die mechanischen Aktivitäten von Eileiter und Uterus haben bei den fortpflanzungsphysiologischen Prozessen der Ovulation, des Spermien- und Eizelltransports, der Befruchtung, der Implantation, dem Schutz und der Ernährung der Feten sowie bei der Geburt eine entscheidende Funktion. Der erreichte Entwicklungsstand der Sensorik und der Elektronik ermöglichte den Einsatz moderner Gerätetechnik zum Erfassen bioelektrischer Aktivitäten in verschiedenen Uterusbereichen [12].

Der Sensor besteht dabei aus einer oder mehreren bipolaren Edelmetallelektroden zum Ableiten der bioelektrischen Aktionspotenziale aus einer Muskelgruppe des Myometiums sowie aus einer Edelstahlelektrode zur Ableitung des „Nullpotenzials“ von der Oberhaut. Zur Aufzeichnung der bioelektrischen Aktivität wurden die untersuchten Tiere mit einer speziell entwickelten Registrierapparatur ausgestattet.

Transportgefäß für biologische Materialien

Die Gewinnung biologischer Materialien – zum Beispiel Ovarien, Oozyten, Embryonen und Gewebeprobe – erfolgt in vielen Fällen in landwirtschaftlichen Anlagen, die sich in größerer Entfernung zu Laboratorien befinden. Um Schädigungen des Materials zu vermeiden, muss der Transport unter definierten Bedingungen erfolgen, die in einem tragbaren Transportgefäß realisiert werden.

Zur Bedienung und Kontrolle wurden im Elektronikteil ein Temperaturschalter, ein Netzschalter und eine optische und akustische Warnanlage zur Meldung von Temperaturabweichungen und zur Anzeige des Ladezustandes der Nickel-Cadmium-Akkumulatoren angeordnet. Der Temperaturbereich von 35 bis 39 °C war in Stufen von 1 K regelbar.

Paillettenbox für den Embryotransfer

Die temperaturgerechte Aufbewahrung von Embryonen bis zum Zeitpunkt ihrer Übertragung ist eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg des Transfers und gehörte zum festen Bestandteil der Labortechnologie. Die Pailletten dienten als Embryonenträger sowohl für den nichtchirurgischen als auch für den chirurgischen Transfer. Somit ergab sich mithilfe dieser Verwahrbox eine durchgängige Technologie von der Befüllung

der Pailletten im Labor bis zur Übertragung der Embryonen an einem beliebigen Ort. Außerdem konnten die Pailletten auch zur Tiefkühlkonservierung eingesetzt werden. Die Paillettenbox konnte 18 Pailletten aufnehmen. Der Temperaturbereich war von 36 bis 42 °C in Stufen von 1 K wählbar.

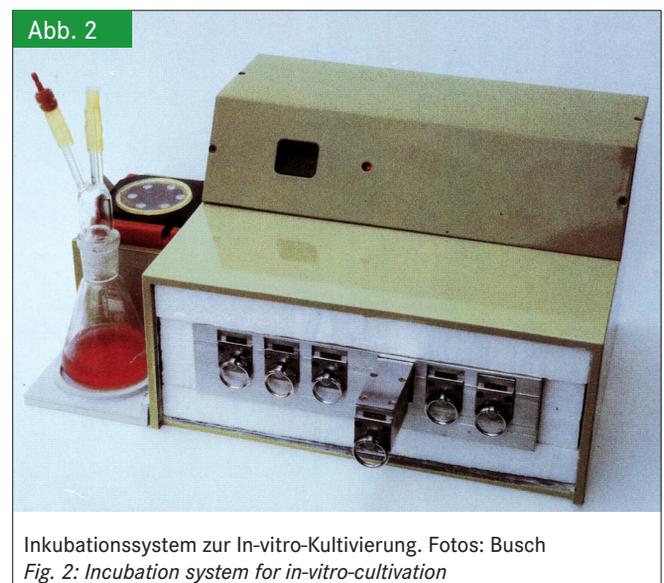
Inkubator zur In-vitro-Kultivierung von Zellkulturen

Für die In-vitro-Reifung und -Befruchtung von Oozyten sowie für die Kultivierung von Embryonen sind biochemische und physikalische Umweltbedingungen erforderlich, die den Bedingungen in vivo ähnlich sind. Dazu ist es erforderlich, die Kulturen ständig mit frischem, keimfreiem Nährmedium mit definierten Parametern hinsichtlich der Konzentration und des pH-Wertes sowie mit den erforderlichen Gaskonzentrationen (O_2 , CO_2 , N_2) zu versorgen. Parallel zur Versorgung muss die Entsorgung von Stoffwechselprodukten gewährleistet sein.

Als Grundelement des Inkubators wurde ein Thermostatenblock mit mehreren Kammern zur Aufnahme der Zellkulturen verwendet. Die Versorgung erfolgte über einen Nährmedienskreislauf, der über eine steuerbare Pumpe kontinuierlich oder diskontinuierlich regelbar war. Im Nährmedienspeicher befand sich ein pH-Sensor, der über eine Auswerteeinheit mit einem elektrisch steuerbaren Ventil gekoppelt war, über das aus einem Gasspeicher CO_2 , N_2 und O_2 in den Nährmedienspeicher geleitet werden konnte. Die Temperatur war im Bereich von 35 bis 39 °C regelbar (**Abbildung 2**) [13; 14].

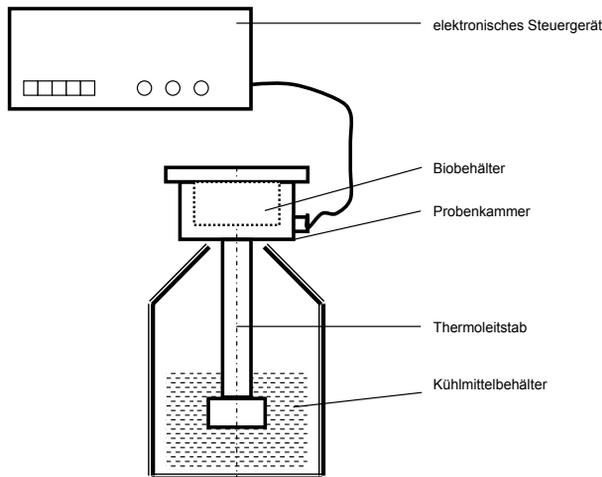
Tiefgefriereinrichtung Cryozell

Die programmgesteuerte Tiefgefriereinrichtung Cryozell ermöglichte im Rahmen kryobiologischer Verfahren die Tiefgefrierkonservierung von Oozyten, Embryonen, isolierten Blastomeren, Spermien, somatischen Zellen, Blutzellen und pflanzlichen Materialien nach frei wählbaren Einfrier- und Erwärmungsprogrammen (**Abbildung 3**) [15]. Das Einfrieren erfolgte im Bereich von 20 bis -40 °C durchgängig oder stu-



Inkubationssystem zur In-vitro-Kultivierung. Fotos: Busch
Fig. 2: Incubation system for in-vitro-cultivation

Abb. 3



Tiefgefriereinrichtung Cryocell
Fig. 3: Deep freeze device Cryocell

fenweise mit Abkühlraten von 0,1 bis 1,5 K pro Minute. Haltephasen in vorgegebenen Temperaturbereichen waren möglich. Die Genauigkeit der Temperaturregelung war ± 1 K. Das Gerät konnte Proben in Pailletten („Plastikhalm“), Ampullen oder Röhrchen in einer Probenkammer aufnehmen. Der Endpunkt der Abkühltemperatur konnte beliebig vorgewählt und nach seinem Erreichen konstant gehalten werden.

Manipulationsbox

Einige der Manipulationen und Untersuchungen an biologischen Materialien – speziell an Oozyten und Embryonen – erfolgten in offenen Gefäßen oder in Nährmediumtropfen. Während dieser Experimente war das biologische Material Umwelteinflüssen wie zum Beispiel Temperaturänderungen, optischen Einflüssen und Infektionen ausgesetzt, die nicht den natürlichen Bedingungen in vivo entsprachen.

Abb. 4



Manipulationsbox
Fig. 4: Incubation box

Die Manipulationsbox realisierte einerseits die für die Experimente erforderlichen optimalen Bedingungen und gestattete andererseits dem Experimentator eine ausreichende Bewegungsfreiheit, ohne ihn selbst den Bedingungen im Objektumfeld auszusetzen (**Abbildung 4**). Eine Schleuse ermöglichte das Einbringen von Materialien und sterilen Instrumenten. Die Sterilisation erfolgte als UV- und Nasssterilisation.

Mikromanipulator

Das Gerät wurde zur Mikromanipulation an Embryonen – wie zum Beispiel zur Teilung von Embryonen zum Erzeugen identischer Mehrlinge oder zur Injektion von Substanzen in den Zellkern – eingesetzt. Es ermöglicht das Fixieren der Instrumente bzw. die Ausführung bestimmter definierter Bewegungsabläufe unter dem Mikroskop.

Schlussfolgerungen

Mit der Entwicklung des komplexen biotechnischen Verfahrens „Embryotransfer-Rind“ wurde in der DDR in den 1980er-Jahren eine Basistechnologie geschaffen, mit deren Hilfe auch weitere biowissenschaftliche Erkenntnisse produktionswirksam genutzt werden konnten. Mit der Entwicklung ab den 1990er-Jahren stand die gezielte Reproduktion von großen Milchviehbeständen nicht mehr so stark im Vordergrund. Statt dessen ergab sich eine zunehmende Diversifikation der Einsatzgebiete des Embryotransfers über die landwirtschaftlichen Nutztiere (Rind, Schwein, Schaf, Ziege) und Pferd bis hin zu den Kleintieren (Hund, Kaninchen, usw.) und andererseits zu einer Konzentration des Einsatzes auf die gezielte Zucht von Hochleistungstieren und in Sonderfällen auf den Erhalt seltener Rassen. Dafür stehen gegenwärtig stationäre und mobile Laboratorien und Embryo-Transfer-Stationen zu Verfügung.

Literatur

- [1] Schmidt, K. und G. Bachnik: Transplantation von Kanincheneiern. Zucht- hygiene, Fortpflanzungsstörungen und Besamung der Haustiere (1960), S. 349-355
- [2] Schmidt, K., W. Altenkirch und G. Bachnik: Eitransplantation beim Schaf nach Progesteron-PMS-Synchronisation. Zucht- hygiene, Fortpflanzungsstörungen und Besamung der Haustiere (1961), S. 339-350
- [3] Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock (Hrsg.): 50 Jahre Tierzucht- und Tierproduktionsforschung Dummerstorf 1939-1989. Ostsee-Druck, Rostock, 1989, S. 51
- [4] Dyhrenfurth, K. und K. H. Busch: Aufbau und Arbeitsweise der Abteilung Forschungstechnologie. Tagungsbericht 161 der Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin, 1978, S. 5-11
- [5] Busch, K. H., K. Dyhrenfurth und R. Vilbrandt: Intensivierung der Tierproduktionsforschung durch forschungstechnologische Arbeiten. Tagungsbericht Nr. 287 der Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin, 1990, S. 213-216
- [6] Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock (Hrsg.): 50 Jahre Tierzucht- und Tierproduktionsforschung Dummerstorf 1939-1989. Ostsee-Druck, Rostock, 1989, S. 118-135
- [7] Frick, R.: Erzeugnisqualität und Design. Verlag Technik GmbH, Berlin, 1996, S. 67-79
- [8] Busch, K. H.: Handbuch Erfinden lernen – lernend erfinden. Trafo Verlag, Berlin, 2003
- [9] Kurth, K.-J.: Forschungstechnologische Systemanalysen als Grundlage für die Entwicklung von Geräteketten. Tagungsbericht Nr. 265 der Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin, 1988, S. 21-27
- [10] Soucek, R. und H. Regge (Hrsg.): Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen. Verlag Technik, Berlin, 1979, S. 31-35

- [11] Krombholz, K.: Landmaschinenbau der DDR. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a. M., 2006, S. 96-97
- [12] Hofmann, J. et al: Programmgesteuerte Tiefgefriereinrichtung für den Einsatz in der Kryobiologie. Medizintechnik 27 (1987), H. 2, S. 60-62
- [13] Brüssow, K.-P., K.-J. Kurth und G. Blödown: Elektrophysiologische Untersuchungen zur Uterusmotorik im Östrus bei Jungschweinen nach Ovulationssynchronisation. Arch. Exper. Veterinärmedizin, Leipzig 42 (1988), H 6, S. 933-943
- [14] Waselowski, B. und F. Geissler: Generator zur Fusion embryonaler Zellen. In: Tagungsbericht Nr. 265 der Akad. Landwirtsch. Wiss, Berlin, 1988, S. 193-199
- [15] Patentschrift DD 279 030 C12M: Vorrichtung zur Kultivierung von Zellkulturen in vitro. Erfinder: Kurth, K.-J., U. Koch, H. Torner, M. Götze und P. Kauffold. 29.12.88/23.05.90
- [16] Patentschrift DD 278 659 G01N: Regelkreis zur kontinuierlichen Veränderung des pH-Wertes in Nährmedien. Erfinder: Kurth, K.-J., U. Göllnitz, H. Alm, und H. Torner. 27.12.88/09.05.90
- [17] Busch, W.: Lehrbuch der künstlichen Besamung bei Haus- und Nutztieren. Schattauer Verlag GmbH, Stuttgart, 2007

Autor

Prof. Dr. sc. nat. Klaus Henning Busch war von 1975 bis 1992 Leiter der Abteilung Forschungstechnologie (ab 1991 Bereich Biotechnologie) im damaligen Forschungszentrum für Tierproduktion der Akademie der

Landwirtschaftswissenschaften der DDR. In dieser Zeit hielt er an der Universität Rostock Vorlesungen auf dem Gebiet der Feingerätekonstruktion. Er ist jetzt Vorsitzender des ift Innovationstransfer- und Forschungsinstitut Schwerin e.V., E-Mail: k.busch@gmx.de

Anmerkung

Der Erfahrungsschatz vorangegangener Generationen bietet nicht nur viel Interessantes, sondern kann oftmals auch wertvolle Anregungen für die Gestaltung der Zukunft geben. Unter diesem Motto hat sich der Fachausschuss „Geschichte der Landtechnik“ des VDI-MEG zum Ziel gesetzt, agrarhistorische Sachverhalte „auszugraben“ und zu publizieren. Solche Themen können auch in der Zeitschrift Landtechnik einen Platz finden. Der hier abgedruckte Beitrag von Professor Busch soll dazu der Auftakt sein. Der Fachausschuss hat sich zum Ziel gesetzt, für diese interessante Aufgabe möglichst viele Autoren in der großen Gemeinschaft kompetenter Landtechniker in West und Ost zu aktivieren. Wir hoffen, dass aus dem Leserkreis der Landtechnik geeignete Angebote zur Veröffentlichung kommen.

gez. Dr. Klaus Krombholz,

Vorsitzender des Fachausschusses „Geschichte der Landtechnik“ des VDI-MEG, E-Mail: klaus.krombholz@t-online.de

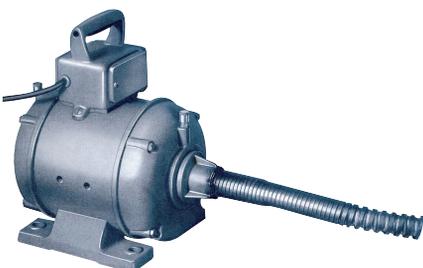
Wie die Flex zu ihrem Namen kam – ein Stück Industriegeschichte

DIE NAMEN DER ERFINDER HERMANN ACKERMANN UND HERMANN SCHMITT SIND HEUTE UNBEKANNT

■ Made in Germany – diese Herkunftsbezeichnung war einmal ein Qualitätsbegriff, der in der gesamten Welt Maßstäbe gesetzt hat. Es gab viele deutsche Hersteller, die erfolgreich waren, so dass ihre Namen selbst zu Qualitätsbegriffen wurden, zum Beispiel Alfred Krupp und Steiff (Knopf im Ohr). Namen, die zum Symbol für Qualität und Zuverlässigkeit wurden, aber auch wieder in Vergessenheit geraten sind. Andere Marken gibt es noch.

Unbekannte Erfinder

Unter dem Gütesiegel „Made in Germany“ wurden aber auch Qualitätsbegriffe geboren, deren Erfinder, wie die Unternehmer Hermann Ackermann und Hermann Schmitt, bis heute unbekannt blieben. Deren Schaffen hingegen avancierte zum



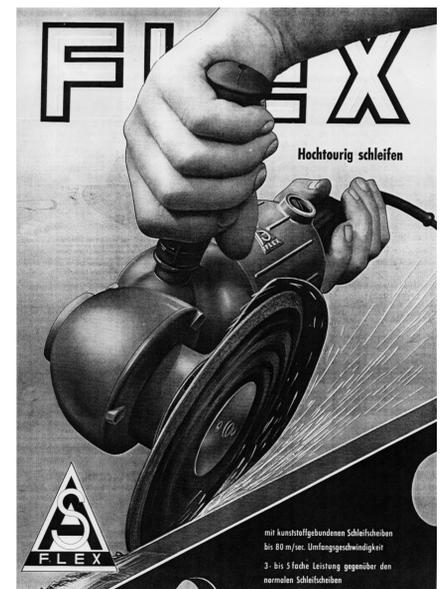
Flex MS 6: So sah die Namensgeberin aller Flex-Werkzeuge aus. Werkfoto

weltweiten Begriff, den auch heute nach wie vor jeder kennt, sicherlich auch schon in der Hand hatte, garantiert aber schon unzählige Male beim „flexen“ gehört hat: die Flex.

Wie alles begann

Diese beiden blitzgescheiten jungen Männer schufen eine Handschleifmaschine mit der Bezeichnung „MS 6“, deren Besonderheit eine „flexible“ Antriebswelle war. Diese Welle war das mechanische Verbindungsstück zwischen einem stationären Elektromotor und verschiedenen Aufsatzwerkzeugen. Diese biegsame Kraftübertragung war der Namensgeber für die heutige Flex.

Anno 1922 gründeten die beiden Tüftler unter ihren Namen in Bad Cannstatt ein Unternehmen, um ihre Erfindung herstellen und vertreiben zu können. Anfang der 30er Jahre wurde die Fertigung von Schleifmaschinen mit direktem Antrieb aufgenommen und ebenfalls unter dem Markennamen „FLEX“ vertrieben. Den Flex-Ingenieuren gelang es, die flexible Welle durch ein Winkelgetriebe zu ersetzen, bei dem die Kraft über zwei Zahnräder übertragen wird. 1935 gab es bereits einen niedertourigen Winkelschleifer. Die



Prospekt aus den Nachkriegsjahren: 1954 brachte das Unternehmen die ersten hochtourigen Winkelschleifer unter der Typenbezeichnung „DL 9“ heraus. Werkfoto

Kriegsjahre verzögerten die weitere Entwicklung. 1954 brachte das Unternehmen dann den ersten hochtourigen Winkelschleifer unter der Typenbezeichnung „DL 9“ heraus. Heute hat die FLEX-Elektrowerkzeuge GmbH ihren Sitz in Steinheim und beschäftigt etwa 240 Mitarbeiter.