

# Schöne neue Kinder

Was ist heute und vielleicht schon morgen in der Reproduktionsmedizin möglich?

---

*Die Methoden der Reproduktionsmedizin werden verstärkt angewandt, um den Wunsch nach einem Kind zu erfüllen. Hauptindikationen sind vor allem fortgeschrittenes mütterliches Lebensalter, eingeschränkte Samenqualität und Beziehungs- und Lebensformen, die eine genetisch eigene Elternschaft ohne medizinische Hilfe nicht erlauben. In Zukunft ist denkbar, einerseits künstliche Ei- und Samenzellen herzustellen und andererseits mehr und mehr genetische Analysen an den Embryonen und werdenden Eltern durchzuführen. Außerdem finden die Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz verstärkt Eingang in dieses Gebiet.*

H. Strohmmer

Kinderwunschzentrum an der Wien,  
Wien, Österreich

## ■ Einleitung

Die Geburt von Louise Brown als erstes Kind nach einer Behandlung mit In-vitro-Fertilisation (IVF) hat die Welt verändert. Diese Methode der Kinderwunschtherapie wird als eine der bahnbrechendsten medizinischen Entwicklungen angesehen, weil sie über die Fertilitätstherapie hinaus Auswirkungen auf die Gesellschaft hat.

Im vorliegenden Artikel wird der aktuelle Stand der Reproduktionsmedizin dargelegt und es werden mögliche zukünftige Entwicklungen aufgezeigt, die sich aus den bisherigen Möglichkeiten ableiten lassen. Wenn auch nicht klar ist, ob und wann sie in dieser Form kommen werden, wäre es gut an der Zeit, sich schon jetzt damit zu befassen. Immerhin werden sie darauf Einfluss nehmen, wie sich die Menschheit entwickelt.

## ■ Die Gegenwart

### Jedem Menschen ein Kind!

Die Geburt von Louise Brown im Jahr 1978 war eine medizinische Weltsensation [1]. Sie war das erste Kind, das als Ergebnis einer erfolgreichen Behandlung mit IVF geboren wurde. Am Grundprinzip der Behandlung hat sich bis heute nicht viel geändert. Am Beginn der Behandlung erfolgt bei fast allen Patientinnen die hormonelle

*In-vitro-Fertilisation – IVF – assistierte Reproduktion – unerfüllter Kinderwunsch*

tägliche praxis 66, 682–689 (2022)  
Mediengruppe Oberfranken –  
Fachverlage GmbH & Co. KG

Stimulation der Ovarien mit einer ca. zehn- bis zwölf-tägigen Injektionstherapie mittels follikelstimulierendem Hormon (FSH). Dadurch soll es zum Wachstum von mehreren Follikeln kommen, die wiederum jeweils eine Eizelle enthalten. Dieses Wachstum wird durch regelmäßige Ultraschallkontrollen überwacht. Die Entnahme der Eizellen aus dem Körper der Frau erfolgt durch die sog. »Follikelpunktion«. Hier handelt es sich um einen ambulanten Eingriff, bei dem die Follikel durch eine transvaginale, ultraschallgezielte Punktion abgesaugt werden. Der Eingriff wird zumeist in Sedoanalgesie oder Kurznarkose durchgeführt. Aus der Follikelflüssigkeit werden dann die Eizellen im Labor aufgesucht und in ein Kulturmedium eingebracht und danach bei körperähnlichen Bedingungen inkubiert. In der In-vitro-Kultur hat es verständlicherweise in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Weiterentwicklungen gegeben. Mittlerweile besteht in der sog. »Time-Lapse-Kultur« die Möglichkeit, die Embryonen dauerhaft im Brutschrank zu belassen, in dem ein Mikroskop fix eingebaut ist. Hier können in Minutenabständen Fotografien der Eizellen bzw. Embryonen angefertigt werden. Daraus entstehen dann Zeitrafferaufnahmen mit zum Teil spektakulären neuen Einblicken in die Entwicklung des menschlichen Embryos in den ersten Entwicklungsschritten [2].

Am Tag der Follikelpunktion erfolgt in fast allen Fällen auch die Samenabgabe durch den Partner mit einer entsprechenden Präparation und Auswahl der Samenzellen im Labor. Bei manchen Behandlungszyklen wird auf gefrorene Proben von Samenspendern zurückgegriffen, manchmal werden die Samenzellen, wie im Folgenden erläutert, aus Hodenbiopsieproben gewonnen.

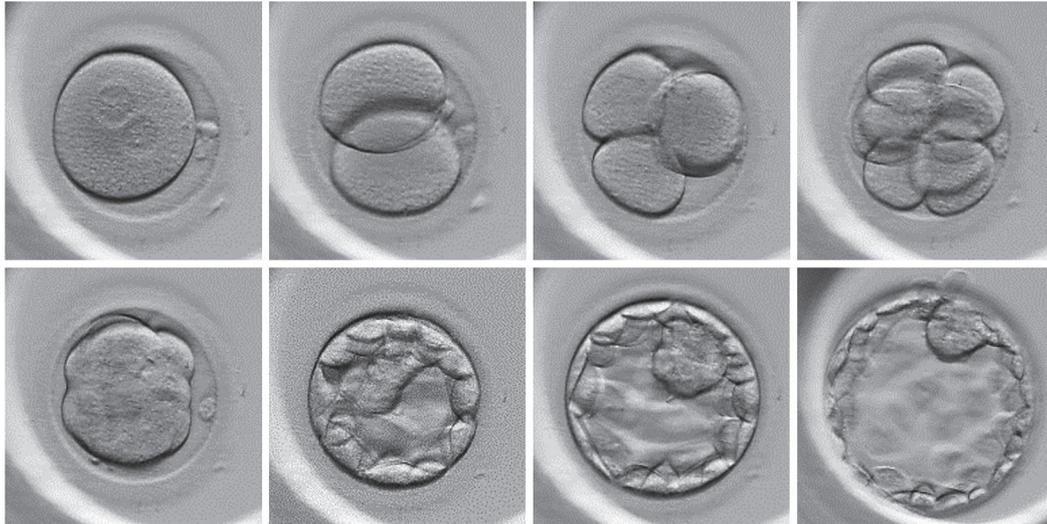
### **Die klassische IVF versus die intracytoplasmatische Spermieninjektion (ICSI)**

Bei der klassischen IVF erfolgt die Befruchtung der Eizellen durch den Zusatz von einigen tausend Samenzellen zu den Eizellen. Die Befruchtung funktioniert daher ähnlich wie es im Eileiter der Frau der Fall ist, wo zahlreiche Samenzellen die Eizelle erreichen und eine Samenzelle

dann das Privileg der Befruchtung hat. Diese Methode ist jedoch an eine bestimmte Samenzellmenge und -qualität gebunden. Das hat die Anwendung der IVF bei starker männlicher Zeugungseinschränkung immer verhindert. Ein unglaublicher Durchbruch war die Entwicklung der intracytoplasmatischen Spermieninjektion (ICSI) [3]. Hier wird eine einzelne Samenzelle mittels einer dünnen Injektionsnadel direkt in das Zytoplasma der Eizelle injiziert. Dieser Vorgang erfolgt an einem Mikroskop, das mit speziellen Mikromanipulationsinstrumenten ausgestattet ist. Damit hat sich das Spektrum der IVF dramatisch erweitert. Inzwischen finden mehr IVF-Zyklen wegen männlicher Zeugungseinschränkung statt als es bei weiblichen Indikationen der Fall ist. In wenigen Fällen liegt bei Männern eine sog. »Azoospermie« vor. Hier fehlen die Samenzellen völlig im Ejakulat. Auch hier bietet die IVF in vielen Fällen eine Lösung an, die es auch diesen Männern erlaubt, ein genetisch eigenes Kind zu bekommen. Bei der »testicular sperm extraction« (TESE) wird der Hoden durch einen Uroandrologen operativ freigelegt und es werden daraus kleine Gewebeproben entnommen. Aus diesen Biopsien lassen sich häufig Samenzellen isolieren, die für eine anschließende ICSI verwendet werden können. Auch diese Operation kann ambulant durchgeführt werden.

### **Blastozystenkultur**

Der IVF, also der Befruchtung außerhalb des weiblichen Körpers, folgt die In-vitro-Kultur. In den Anfängen war es möglich, die Embryonen zwei bis maximal drei Tage außerhalb des Körpers in der Kultur zu halten. In dieser Zeit durchlaufen sie das Stadium der Pronuclei am ersten Tag der Entwicklung, das Zwei- bis Vierzellstadium am zweiten Entwicklungstag und erreichen schließlich das Sechs- bis Achtzellstadium am dritten Tag. Danach war es notwendig, sie wieder in die Gebärmutter zu transferieren. Nachdem davon auszugehen ist, dass sich diese Embryonen im Mehrzellstadium nicht alle weiterentwickeln, wurden auch drei oder mehr Embryonen transferiert. Das hat zu einer hohen Rate an Mehrlingsschwangerschaften geführt, zum



**Abb. 1** | Die Entwicklung des Embryos zur Blastozyste (von links nach rechts; 1. Reihe: Vorkernstadium, Zweizellstadium, Vierzellstadium, Achtzellstadium; 2. Reihe: Morula, frühe Blastozyste, Blastozyste, expandierte Blastozyste)

Teil auch zu Drillings- oder Vierlingsschwangerschaften. Mittlerweile ist es gelungen, die Kultur der Embryonen bis zum fünften oder sechsten Tag fortzusetzen. Am vierten Tag der Entwicklung erreicht ein Embryo das Morulastadium, am fünften Tag differenziert er sich in eine sog. »Blastozyste«. Hier kann man bereits die innere Zellmasse vom Trophoblasten unterscheiden. Aus der inneren Zellmasse entwickelt sich später das Kind, man spricht hier auch von den embryonalen Stammzellen. Der Trophoblast ist für die spätere Einnistung verantwortlich und bildet schließlich die Plazenta (►Abb. 1).

Es hat sich gezeigt, dass nicht alle mehrzelligen Embryonen die Entwicklung bis zum Blastozystenstadium am fünften Entwicklungstag nehmen. Diese verlängerte Kultur erlaubt daher, das Einnistungspotenzial der Embryonen besser einzuschätzen und hat dazu geführt, dass verstärkt nur mehr ein Embryo eingesetzt wird. Dieser sog. »selektive Single-Embryotransfer« ist mittlerweile bei jungen Patientinnen mit guter Prognose Standard und hat deutlich zur Reduktion der Mehrlingsschwangerschaften beigetra-

gen. Die Transferpolitik ist in zahlreichen Ländern gesetzlich festgelegt, in manchen Ländern, wie auch in Österreich, bestehen Leitlinien. Es braucht auch begleitend eine gute Aufklärung der Kinderwunschaare über die Risiken einer Mehrlingsschwangerschaft, da viele den Wunsch nach einer Zwillingselternschaft hegen, weil unter Umständen aus Altersgründen nur mehr eine Schwangerschaft möglich ist.

### Kryokonservierung

In manchen Zyklen liegen am fünften Entwicklungstag zahlreiche Blastozysten mit hohem Einnistungspotenzial vor. Verbleiben also nach dem Transfer noch Blastozysten, können diese für die spätere Verwendung kryokonserviert werden. Hier kommt ein spezielles Verfahren, die sog. »Vitrifikation« (Verglasung) zur Anwendung. Diese Möglichkeit hat auch den Druck reduziert, beim ersten Versuch mehrere Embryonen einzusetzen, da hier weitere Embryonen bei negativem ersten Versuch für sog. »Kryotransfers« zur Verfügung stehen. Die Lagerung unterliegt

in Österreich gesetzlichen Regelungen und ist für Kinderwunschaare mit 10 Jahren begrenzt [4]. Sicherlich stellt die große Zahl an kryokonservierten Embryonen ein Problem dar, weil zum Beispiel in Österreich diese Embryonen nur transferiert oder vernichtet werden können. Die Spende an andere Paare ist nicht erlaubt. Mittlerweile laufen Studien zur Frage, ob überhaupt in Zukunft noch frische Transfers unmittelbar im Rahmen eines IVF-Versuchs stattfinden werden, da unter Umständen die Schwangerschaftsrate nach dem Transfer eines kryokonservierten Embryos höher ist. Hier liegen noch keine schlüssigen Ergebnisse vor. Ein Fokus dieser Untersuchungen liegt auch auf dem kindlichen Outcome, da es offensichtlich Unterschiede gibt zwischen Kindern, die nach einem »frischen« Transfer geboren wurden oder nach einer vorangegangenen Kryokonservierung [5]. Hier wiederum spielt eine Rolle, ob der Transfer in einem Naturzyklus oder nach vorangegangener Vorbereitung des Endometriums mittels Hormonersatztherapie erfolgte. Aus diesen Aspekten kann man ablesen, dass insgesamt ein besonderes Interesse besteht, wie Schwangerschaften nach den Methoden der assistierten Reproduktion (ART) verlaufen und welches Outcome die Kinder zeigen. Hier gilt es, nicht nur die Rate an Fehlbildungen zu erheben, sondern auch die Kinder in der weiteren medizinischen und psychosozialen Entwicklung zu verfolgen. Es braucht also eine gute interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Reproduktionsmedizin, Fetalmedizin und Pädiatrie sowie u. a. die Etablierung von Registern, um auf eine große Datenmenge zugreifen zu können.

### **Alternative Formen der Elternschaft**

Aus verschiedenen medizinischen Gründen besteht manchmal nicht die Möglichkeit der biologischen genetischen Elternschaft. So endet mit der Menopause für die Frau diese Option und Männer mit einem sog. »Sertoli-Cell-only-Syndrom« bilden keine Spermazellen im Hoden. Manche Paare, zum Beispiel lesbische Paare, aber auch alleinstehende Frauen benötigen einen Samenspender, um Elternschaft zu erlangen. Aus besagten Gründen sind daher die Eizellspende

oder Samenzellspende durchaus Routinebehandlungen. In vielen Fällen unterliegen sie jedoch nationalen gesetzlichen Beschränkungen, sodass es für viele Paare oder Patientinnen notwendig ist, die Behandlung im Ausland durchführen zu lassen. In manchen Konstellationen wiederum ist eine Leihmutter nötig, die das Kind für ein Paar austrägt. In Österreich ist die Eizellspende mit starken Einschränkungen möglich. So muss die Spenderin jünger als 30 Jahre sein, die Empfängerin darf nicht älter als 45 Jahre sein. Bei allen Formen der Spende hat das Kind ab dem 14. Lebensjahr Anspruch darauf, die Identität der Eizellspenderin bzw. des Samenspenders zu erfahren. Die Eltern sind jedoch nicht verpflichtet, die Behandlung dem Kind ab diesem Alter offenzulegen. Die Embryonenspende und die Leihmutterchaft sind verboten. Auch alleinstehende Frauen und homosexuelle Paare dürfen nicht behandelt werden [4].

Durch die verschiedenen Facetten der Behandlung kann es dazu kommen, dass an der Entstehung eines Kindes durchaus sechs Personen »beteiligt« sind: 2 Personen, die sich das Kind wünschen und später als soziale Eltern fungieren werden, die kerngenetische Mutter, von der die Eizelle stammt, die Frau, von der die Mitochondrien stammen, der genetische Vater, von dem die Spermazelle stammt, und schließlich die Frau, die die Schwangerschaft bis zur Geburt austrägt. So sind die vielfältigen Formen der »reproduktionsmedizinischen Patchworkfamilie« mittlerweile Alltag und die Transgendermedizin trägt noch weitere, bisher ungeahnte Konstellationen an Elternschaft bei. Es zeigt sich hier, dass die Gesetzgebung den rasanten medizinischen und gesellschaftlichen Entwicklungen hinterherhinkt.

### **Lagerung von unbefruchteten Eizellen**

Nach der Gewinnung der Eizellen mittels Follikelpunktion besteht die Möglichkeit, diese unbefruchtet einzufrieren, um sie zum Teil Jahre später zu verwenden. Hier unterscheidet man das »medical« vom »social egg freezing«. Die Indikationen zum »medical egg freezing« sind medizinische Umstände, die in einem hohen Maße zu



Abb. 2 | Polkörperchenbiopsie



Abb. 3 | Trophoblastbiopsie

einer bleibenden Unfruchtbarkeit führen werden. Dazu zählen u. a. onkologische Therapien, wie Bestrahlung und Chemotherapien, oder invasive und endokrinologische Therapien im Rahmen einer Geschlechtsangleichung. Beim »social egg freezing« besteht der Wunsch, rein aus persönlichen Gründen vorzusorgen, was jedoch in Österreich nicht erlaubt ist [4].

#### ■ Ein Blick in die Zukunft: Jedem Menschen sein Kind!

Viele Menschen können so Elternschaft erleben, jedoch nicht immer auch genetische Elternschaft. Das ist z. B. bei einem Elternteil in einer lesbischen oder homosexuellen schwulen Beziehung oder bei Frauen nach einer Eizellspende der Fall. Hier könnten »künstliche Gameten« helfen. Bei Mäusen ist es schon gelungen, Körperzellen in pluripotente Stammzellen und in weiterer Folge in Ei- oder Samenzellen umzuwandeln und so die Geburt gesunder Nachkommen zu erzielen [6, 7]. Noch ist nicht abzusehen, wie lange es dauern wird, bis das beim Menschen möglich ist, aber das würde die Kinderwunschtherapie völlig revolutionieren, u. a. auch deshalb, weil damit auch möglich sein könnte, »mit sich selbst« ein Kind zu bekommen. Denn es besteht schließlich für jeden Menschen die Option, sich sowohl Ei- als auch Samenzellen aus den eigenen Körperzellen bil-

den zu lassen. Mit dieser Methode bestünde keine Notwendigkeit mehr für Samen-, Eizell- oder Embryonenspende.

#### Jedem Menschen sein gesundes Kind!

Die genetische Analyse von befruchteten Eizellen mittels Polkörperchendiagnostik und von Embryonen mittels Blastomerenbiopsie bietet die Möglichkeit, sowohl Aneuploidien und Translokationen, also Chromosomenstörungen, als auch monogenetische Krankheiten festzustellen (► Abb. 2+3).

Diese Methoden sind bereits Routine, deren Anwendung ist jedoch in Österreich gesetzlich geregelt. So darf die Blastomerenbiopsie, also die Entnahme von einigen Trophoblastzellen eines Embryos am fünften Entwicklungstag, nur durchgeführt werden, wenn entweder drei Schwangerschaften aus genetischen Gründen zu einem Abortus geführt haben oder drei IVF-Veruche negativ verlaufen sind. Hier kann auf das Vorliegen von Aneuploidien getestet werden. Ist die Geburt eines Kindes zu erwarten, dass an einer unheilbaren Krankheit leidet, die starke Schmerzen verursacht, einen hohen Pflegeaufwand mit sich bringt und unweigerlich zum Tod des Kindes führt, besteht die Möglichkeit, diese monogenetische Erkrankung an den Embryonen festzustellen. Eine Kommission entscheidet über

die Frage, ob die zuvor genannten Bedingungen bei einem betroffenen Paar bzw. dem zu erwartenden Kind vorliegen [4].

Es ist damit zu rechnen, dass die diagnostischen Möglichkeiten rasch voranschreiten, nicht zuletzt durch das »human genome project«. Es begann 1990 und führte 2003 zur ersten erfolgreichen Sequenzierung des menschlichen Genoms [8]. Es waren zahlreiche Nationen daran beteiligt und das Projekt hat mehrere Milliarden Dollar verschlungen. Mittlerweile kostet diese Analyse weniger als 1.000 Euro und es ist zu erwarten, dass dieser Preis in kurzer Zeit weiter fallen wird. Unter Umständen zählt es daher bald zum Standard, jeden Embryo noch vor dem Einsetzen in die Gebärmutter völlig zu sequenzieren und damit das Erkennen von Erkrankungen in einem großen Ausmaß zu ermöglichen.

Ein weiterer Trend zeichnet sich dahingehend ab, dass werdende Eltern noch vor Eintreten einer Schwangerschaft wissen wollen, ob ein erhöhtes Risiko für die Geburt eines Kindes besteht, dass an einer monogenetischen Krankheit leidet. Dazu wird bei beiden Partnern im Rahmen des sog. »carrier screenings« das Genom in Hinblick auf rezessive Mutationen durchsucht. Liegt bei beiden Partnern in einem bestimmten Gen eine rezessive Mutation vor, besteht ein 25%iges Risiko, ein krankes Kind zu bekommen. In diesem Fall besteht die Möglichkeit der gezielten Präimplantationsdiagnostik mit den eingangs erwähnten Techniken, um den Transfer eines kranken Embryos zu vermeiden. Es sei dahingestellt, ob das für Paare ein Fluch oder Segen ist, über ein derartiges Risiko Bescheid zu wissen. Leider ist auch z. B. in Österreich in keiner Leit- oder Richtlinie geklärt worden, ob vor jeder Kinderwunschbehandlung eine Aufklärung zu dieser Möglichkeit Stand des Wissens und damit obligat ist.

### **Jedem Menschen sein gesundes, hübsches und kluges Kind!**

Vor einigen Monaten ging ein Aufschrei durch die Fachwelt, als der chinesische Forscher Jan-kui He behauptete, erstmalig erfolgreich mittels

der Genschere CRISPR/Cas (clustered regularly interspaced short palindromic repeats / CRISPR-associated protein) menschliche Embryonen verändert und danach mit diesen Embryonen zumindest eine Zwillingschwangerschaft – und –geburt erzielt zu haben. Er behauptete, im Rahmen dieses »genetic engineering« eine Veränderung am *CCR5*-Gen vorgenommen zu haben, um die Kinder gegen eine Infektion mit dem HI-Virus zu schützen [9]. Das wäre der erste Fall, dass Kinder geboren wurden, an denen ein Eingriff in der Keimbahn durchgeführt wurde, um eine Erkrankung zu »heilen«. In diesem Fall wurde damit aber auch zum ersten Mal ein »genetic enhancement« des Menschen durchgeführt, da diese Mutation des *CCR5*-Gens bei Patienten nach einem Insult zu einer besseren Heilung und höherer Lern- und Merkfähigkeit führt. Andererseits bestehen aber auch Hinweise, dass diese Mutation mit einem höheren Risiko für andere Krankheiten einhergeht, sodass man, sollten sich diese Ergebnisse bestätigen, hier wirklich nicht von einer »Verbesserung« sprechen kann. In jedem Fall ist zu erwarten, dass durch die zuvor genannten diagnostischen Möglichkeiten in Kombination mit den therapeutischen Möglichkeiten von CRISPR/Cas Begehrlichkeiten geweckt werden, verschiedene Eingriffe an den Embryonen vorzunehmen, die nicht zwingend einen medizinischen Hintergrund haben müssen. Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist das »genetic phenotyping«, die Möglichkeit, das Aussehen des erwachsenen Menschen anhand seines Genoms vorauszusagen. Auch wenn eine Studie dazu aus der Arbeitsgruppe von Greg Venter im September 2017 heftig kritisiert wurde, weil die Voraussage nicht zufriedenstellend möglich war, lässt sich dennoch erkennen, dass Interesse an dieser Option besteht [10].

### **Die Maschine sucht jedem Menschen sein gesundes hübsches und kluges Kind aus**

Wie in allen Lebensbereichen hält die künstliche Intelligenz (KI) auch in der Reproduktionsmedizin Einzug. Noch gilt es, mit Möglichkeiten des »machine learning« bessere Prognosen zu erlau-

ben, welche Patientin schwanger werden wird oder welcher Embryo sich besonders eignet, nach dem Transfer zum Erfolg zu führen. Zur Auswahl der Embryonen für den Transfer kommen jedenfalls schon Algorithmen zur Anwendung, die mittels Bilderkennungssoftware und neuronalen Netzwerken die Auswahl des Embryos vornehmen [11]. Das ist notwendig, da bei der zuvor genannten Time-Lapse-Technologie eine immense Menge an Bildinformationen entstehen, die derzeit mühselig von einem Menschen abgearbeitet und bewertet werden müssen.

In Anbetracht der zuvor angesprochenen Möglichkeiten ist zu erwarten, dass Reproduktionsmediziner die Unterstützung von Algorithmen benötigen werden, um die Informationsflut aus Genomics, Proteomics, Metabolomics and Microbiomics zum Vorteil der Patienten zu bewältigen. Vielleicht verdanken dann einige Menschen ihre Geburt der Auswahl durch einen undurchschau- baren Algorithmus einer Maschine.

### ■ Fazit für die Praxis

Die Methoden der Reproduktionsmedizin werden verstärkt angewandt, um den Wunsch nach einem Kind zu erfüllen. Hauptindikationen sind vor allem fortgeschrittenes mütterliches Lebensalter, eingeschränkte Samenqualität und Beziehungs- und Lebensformen, die eine genetisch eigene Elternschaft ohne medizinische Hilfe nicht erlauben. In Zukunft ist denkbar, einerseits künstliche Ei- und Samenzellen herzustellen und andererseits mehr und mehr genetische Analysen an den Embryonen und werdenden Eltern durchzuführen. Außerdem finden die Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz verstärkt Eingang in dieses Gebiet. Über all dem steht die Frage, welche Auswirkungen diese Entwicklungen auf die Gesellschaft und den Menschen haben werden.

### ■ Zusammenfassung

Seit der Geburt von Louise Brown im Jahr 1978 hat sich die Reproduktionsmedizin rasch weiterentwickelt. Die Behandlung mit In-vitro-

Fertilisation (IVF) ist mittlerweile Routine. Es werden Eizellen aus den Eierstöcken gewonnen, außerhalb des Körpers befruchtet und ein oder zwei Embryonen werden in die Gebärmutter transferiert. Die Verfügbarkeit der Embryonen außerhalb des Körpers erlaubt einerseits die Möglichkeit der genetischen Analyse, andererseits sind so verschiedene Formen der Gameten- und Embryonenspende möglich, die in nahezu jeder Beziehungs- und Lebensform die Option der Elternschaft geben. Zukünftig ist denkbar, dass künstliche Gameten zu Verfügung stehen. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die genetische Analyse verstärkt und erweitert zur Anwendung kommt. Wenn auch heftig diskutiert, ist nicht ausgeschlossen, dass auch Veränderungen am Genom vorgenommen werden, einerseits um genetische Krankheiten zu verhindern, andererseits um die menschlichen Eigenschaften zu verändern. Die künstliche Intelligenz hält bereits jetzt Einzug in diesem Gebiet, deren Verwendung wird auch hier stark zunehmen.

---

Strohmer H:

Brave new children – the status quo and the future of reproductive medicine!

**Summary:** After the delivery of Louise Brown in 1978, assisted reproductive technology has developed extensively. The method of in vitro fertilization (IVF) is nowadays a routine method in infertility patients. After collecting eggs, they become fertilized in vitro and one or two embryos are transferred into the uterus after some days of culture. The accessibility of the embryos in vitro allows on the one hand genetic tests. On the other hand, there are now several options of donating gametes or embryos to allow parenthood in nearly all forms of relationships. In the future, one may expect the option of artificial gametes and the application of genetic analysis may increase steadily. Although this causes a lot of debate, one may expect increasing attempts to change the genome in order to prevent genetic diseases but also to change the human being in general. As we now see already the first applications of artificial intelligence in

assisted reproduction this will be more and more the case in the future.

*Keywords: in vitro fertilization – IVF – assisted reproductive technology – ART – infertility*

**Interessenkonflikt:** Der Autor erklärt, dass bei der Erstellung des Beitrags keine Interessenkonflikte im Sinne der Empfehlungen des International Committee of Medical Journal Editors bestanden.

---

## Literatur

1. Steptoe PC, Edwards RG. Birth after the reimplantation of a human embryo. *Lancet* 1978; 312: 366.
2. Gallego RD, Remohí J, Meseguer M. Time-lapse imaging: the state of the art. *Biol Reprod* 2019; 101: 1146–1154.
3. Palermo G, Joris H, Devroey P, Van Steirteghem AC. Pregnancies after intracytoplasmic injection of single spermatozoon into an oocyte. *Lancet* 1992; 340: 17–18.
4. Rechtsinformationssystem des Bundes. Bundesgesetz, mit dem Regelungen über die medizinisch unterstützte Fortpflanzung getroffen werden (Fortpflanzungsmedizingesetz – FMedG). *StF: BGBl. Nr. 275/1992 (NR: GP XVIII RV 216 AB 490 S. 69. BR: AB 4255 S. 553.)*. (<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10003046>). Zugegriffen: 14.09.2022.
5. Maheshwari A, Pandey S, Amalraj Raja E, Shetty A, Hamilton M, Bhattacharya S. Is frozen embryo transfer better for mothers and babies? Can cumulative meta-analysis provide a definitive answer? *Hum Reprod Update* 2018; 24: 35–58.
6. Hikabe O, Hamazaki N, Nagamatsu G, Obata Y, Hirao Y, Hamada N, et al. Reconstitution in vitro of the entire cycle of the mouse female germ line. *Nature* 2016; 539: 299–303.
7. Zhou Q, Wang M, Yuan Y, Wang X, Fu R, Wan H, et al. Complete Meiosis from Embryonic Stem Cell-Derived Germ Cells In Vitro. *Cell Stem Cell* 2016; 18: 330–340.
8. International Human Genome Sequencing Consortium. Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature* 2004; 431: 931–945.
9. Cyranoski D. The CRISPR-baby scandal: what's next for human gene-editing. *Nature* 2019; 566: 440–442.
10. Lippert C, Sabatini R, Maher MC, Kang EY, Lee S, Arkan O, et al. Identification of individuals by trait prediction using whole-genome sequencing data. *Proc Natl Acad Sci USA* 2017; 114: 10166–10171.
11. Bormann CL, Thirumalaraju P, Kanakasabapathy MK, Kandula H, Souter I, Dimitriadis I, et al. Consistency and objectivity of automated embryo assessments using deep neural networks. *Fertil Steril* 2020; 113: 781–787.



Univ.-Prof. Dr. med. Heinz Strohmer  
Kinderwunschzentrum an der Wien  
Gumpendorfer Str. 11–13/18  
A-1060 Wien

Heinz.Strohmer@kinderwunschzentrum.at