

Grundlagen

Reza P. Azar

- 2.1 Begriffe aus der Haarchirurgie – 6**
- 2.2 Haartransplantation als operatives Verfahren zur Umverteilung gesunder Haarfollikel – 10**
- 2.3 Androgenetische Alopezie (AGA) – die häufigste Form des Haarausfalls – 10**
 - 2.3.1 Androgenetische Alopezie bei Männern – 10
 - 2.3.2 Androgenetische Alopezie bei Frauen – 13
 - 2.3.3 Medikamentöse Therapie der androgenetischen Alopezie – 14
- 2.4 Spenderdominanz als Grundlage der Haartransplantation – 17**
- 2.5 Das Spenderareal – 17**
- 2.6 Das Empfängerareal – 18**
- Literatur – 18**

2.1 Begriffe aus der Haarchirurgie

Um die haarchirurgischen Zusammenhänge nachvollziehen zu können, muss die Bedeutung einer Reihe haarchirurgischer Fachbegriffe geklärt werden. So ist etwa die anatomische Unterscheidung zwischen einem Haarfollikel (HF) und einer follikulären Einheit (FE) in der Haartransplantation aus operationstechnischen Gründen von großer Bedeutung.

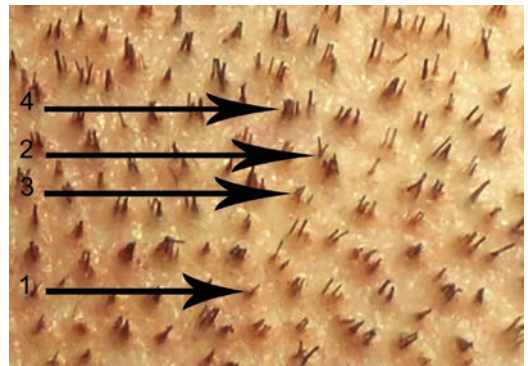
- **Haarfollikel:** Ein Haarfollikel bezeichnet anatomisch eines der kleinsten und komplexesten menschlichen Organe. Es ist in der Lage, zeitlebens ein einziges Haar zu produzieren.
- **Follikuläre Einheit:** Im Gegensatz zum Haarfollikel ist die follikuläre Einheit eine funktionelle Einheit, welche sich aus 1–4 (selten 5) einzelnen Haarfollikeln zusammenschließt und in diesem Verbund entsprechend viele Haare produziert (■ Abb. 2.1). Eine FE kann folglich als Singleeinheit als ein Haarfollikel mit einem Haar (1er-FE) oder in Form einer Multieinheit als Zusammenschluss von zwei Haarfollikeln mit zwei Haaren (2er-FE), von drei Haarfollikeln mit drei Haaren (3er-FE) oder von vier Haarfollikeln mit vier Haaren (4er-FE) vorkommen (■ Abb. 2.2). Sehr selten tritt sie auch als Verbund von fünf Haarfollikeln mit fünf Haaren auf (5er-FE). Die FE können sozusagen als »Bausteine« der Haartransplantation gesehen werden, welche in verschiedenen Kombinationen miteinander oder auch

einzelnen zu einem natürlichen Gesamtbild zusammengefügt werden können (■ Abb. 2.3, ■ Abb. 2.4, ■ Abb. 2.5, ■ Abb. 2.6, ■ Abb. 2.7, ■ Abb. 2.8, ■ Abb. 2.9).

- **Graft:** Graft ist ein englischer Begriff für Transplantat, der sich auch im deutschsprachigen Raum eingebürgert hat. Er stammt aus einer Zeit, in der das Verständnis der Haarchirurgen für die funktionell anatomische Einheitsbildung noch nicht ausgeprägt war. Die Bezeichnung Graft sagt nichts über die Anzahl der beinhalteten Haarfollikel aus, ist somit irreführend und kann missbräuchlich verwendet werden. Ein Beispiel für eine fehlerhafte Verwendung: Ein Arzt plant für eine Haartransplantation mit 1000 »Grafts«. Hierfür entnimmt er dem Patienten 500 2er-FE und splittet diese funktionelle Einheiten in 1000 »Grafts« auf. Folglich transplantiert der Arzt zwar die 1000 versprochenen »Grafts«, aber letztlich nur die Hälfte der Haare, die er mit 1000 2er-FE transplantiert hätte. Die Differenzierung zwischen Graft und follikulärer Einheit ist dem Patienten meistens nicht bewusst und kann somit irreführend und missbräuchlich eingesetzt werden.
- **Mini- und Mikrotransplantate:** Minitransplantate (engl. minigrafts) beinhalten 3–6 Haare; Mikrotransplantate (engl. micrografts) beinhalten 1–2 Haare.
- **Haardichte (HD):** Die Haardichte wird als Anzahl der Haare pro cm² angegeben



■ **Abb. 2.1** Okzipitale Ansicht des Haarkranzes, der aus zahlreichen follikulären Einheiten (FE) besteht



■ **Abb. 2.2** Darstellung von gekürzten Haaren in der Okzipitalregion des Haarkranzes: 1 Singleeinheit (1er-FE), 2 Multieinheit (2er-FE), 3 Multieinheit (3er-FE), 4 Multieinheit (4er-FE)

■ **Tab. 2.1** Übersicht wichtiger haarchirurgischer Begriffe

Haarfollikel	Kleinstes menschliches Organ, welches nur ein einziges Haar produziert
Follikuläre Einheit	Verbund von ein bis fünf Haarfollikeln zu einer funktionellen Einheit, welche die entsprechende Anzahl von Haaren produziert
Graft	Begriff für Transplantat, der nichts über die Anzahl der produzierten Haare aussagt
Mini-/ Mikrotransplantate	Sortierung der Transplantate nach erhaltener Haaranzahl
Haardichte	Anzahl der Haare pro cm^2
Follikuläre Dichte	Anzahl der follikulären Einheiten pro cm^2
Transplantierte follikuläre Dichte	Anzahl der transplantierten FE pro cm^2
Anwuchsrate	Angewachsene Haare nach einer Transplantation im Verhältnis zur Gesamtzahl der transplantierten Haare
Extraktionsquote	Anzahl der extrahierten FE pro cm^2
Haaranzahl pro follikuläre Einheit	Durchschnittliche Haaranzahl pro FE



■ **Abb. 2.3** Follikuläre Einheiten nach Extraktion aus dem okzipitalen Haarkranz



■ **Abb. 2.4** Follikuläre Einheiten nach Extraktion; 1er-, 2er-, 3er- und 4er-follikuläre Einheit (v.l.n.r.)

(► Abschn. 4.6, »Planung und Berechnung der erforderlichen Transplantatanzahl«).

- **Follikuläre Dichte (FD):** Unter der follikulären Dichte versteht man die Anzahl der follikulären Einheiten pro cm^2 (► Abschn. 4.6, »Planung und Berechnung der erforderlichen Transplantatanzahl«).
- **Haaranzahl pro follikuläre Einheit (HFE):** Die Haaranzahl pro follikuläre Einheit gibt die durchschnittliche Haaranzahl pro follikulärer Einheit an.
- **Transplantierte Follikuläre Dichte (TFD):** Unter transplantierte Follikuläre Dichte/TFD versteht man die Anzahl der FE pro cm^2 nach der Transplantation.

- **Extraktionsrate:** Die Extraktionsrate beinhaltet die Anzahl der extrahierten FE pro cm^2 .
- **Anwuchsrate:** Die Anwuchsrate gibt Auskunft über die angewachsenen Haare nach einer Transplantation im Verhältnis zur Gesamtzahl der transplantierten Haare.
- **Spenderhaare:** Der teils auch verwendete Begriff »Spenderhaar« kann sich aus dem Kontext heraus, auf einen Haarfollikel, eine follikuläre Einheit oder auch auf die Gesamtheit der Spendertransplantate beziehen.

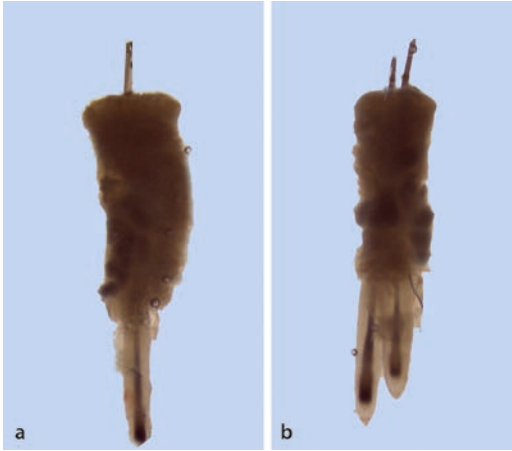


Abb. 2.5a–b Mikroskopische Darstellung. **a** Einzelner entnommener Haarfollikel (1er-FE). **b** Entnommene 2er-FE bestehend aus zwei Haarfollikeln mit zwei Haaren

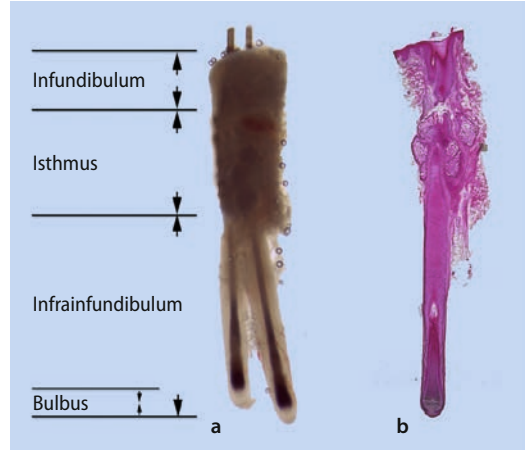
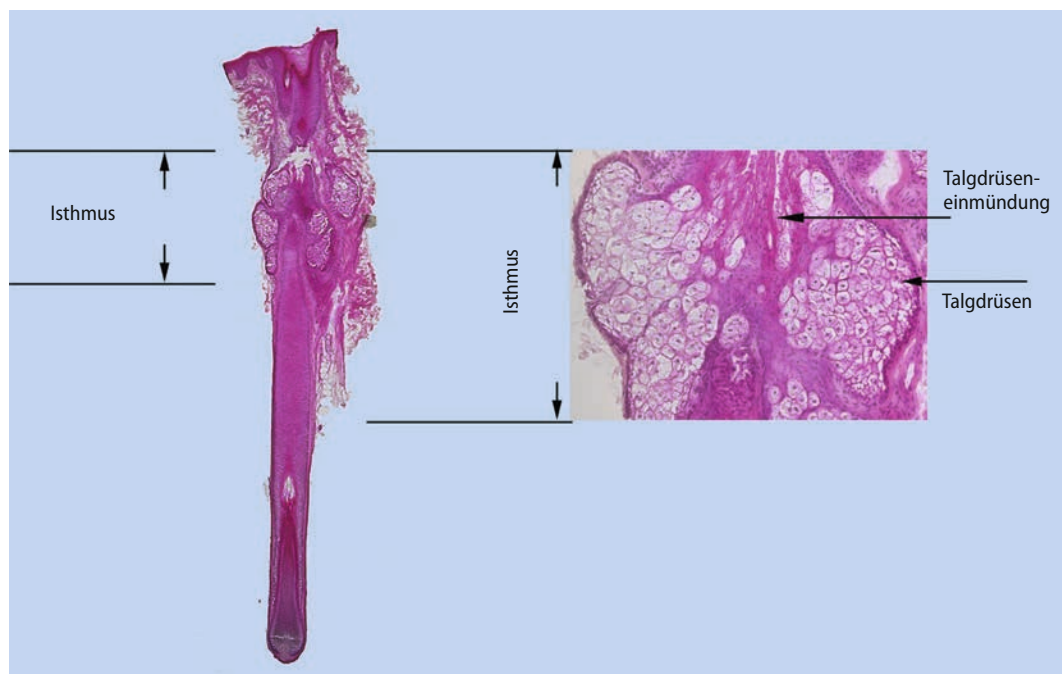


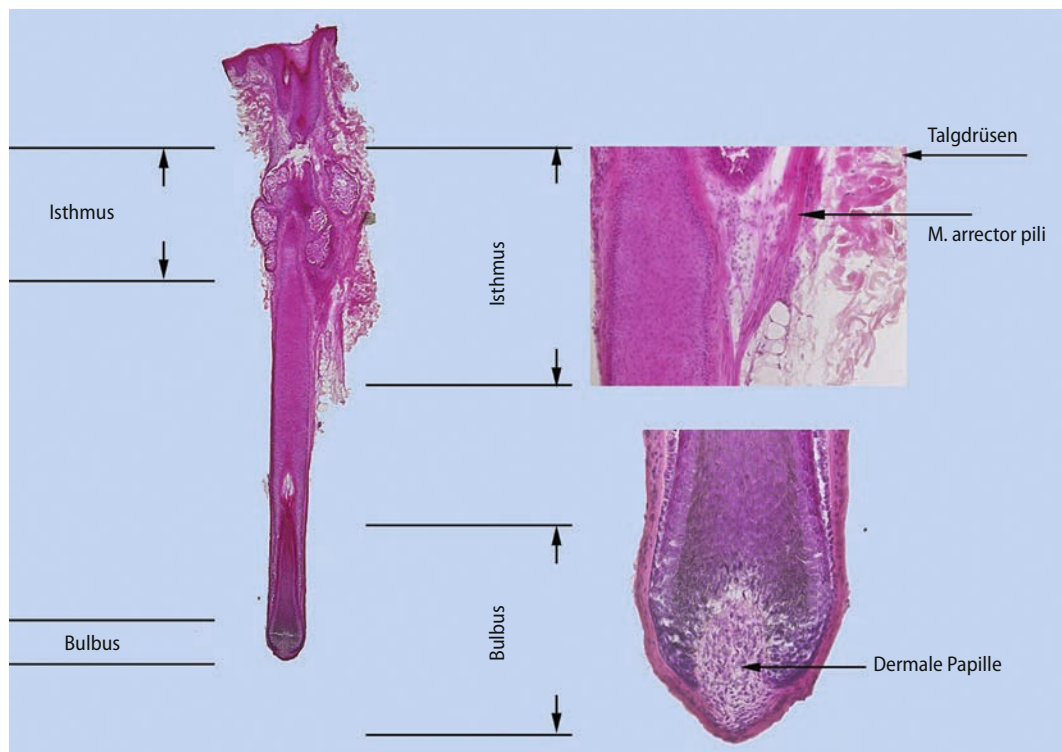
Abb. 2.6 **a** Mikroskopische Aufnahme einer 2er-FE mit zwei Haarfollikeln. **b** Longitudinaler Schnitt eines Haarfollikels



Abb. 2.7 Histologische Darstellung des Infundibulums eines Haarfollikels definiert als Abschnitt zwischen Haarfollikelostium und Einmündung der Talgdrüse in den Haarkanal



■ **Abb. 2.8** Histologische Darstellung des Isthmus definiert als Abschnitt zwischen Talgdrüsen-einmündung und dem Ansatz des M. arrector pili



■ **Abb. 2.9** Histologische Darstellung des M. arrector pili im Isthmus und des Bulbus mit dermaler Papille

2.2 Haartransplantation als operatives Verfahren zur Umverteilung gesunder Haarfollikel

Die Haartransplantation ist auch unter den Begriffen Haarverpflanzung oder Eigenhaarverpflanzung bekannt.

Um den Vorgang der Haartransplantation verstehen zu können, ist zunächst herauszustellen, dass durch eine Haartransplantation nur indirekt neue Haare produziert werden können. Vielmehr handelt es sich bei der Haartransplantation um eine Umverteilung von gesunden haarproduzierenden Haarfollikeln, welche für die Produktion gesunder Haare verantwortlich sind.

Ungeachtet der verschiedenen Methoden, auf die im Folgenden noch genauer eingegangen wird, beinhaltet jede Haartransplantation folgende Arbeitsschritte:

- die Entnahme der FE
- die Zwischenlagerung und Aufbereitung der FE in einem Lagerungsmedium
- das Einsetzen der FE bzw. der Transplantate.

Die struktursensiblen Haarfollikel werden an gesund behaarten Körperstellen (z.B. am Hinterkopf, Brust oder Rücken) entnommen und anschließend in zuvor erzeugte Empfangslöcher an der gewünschten Position eingesetzt, wo sie lebenslang weiterwachsen. Mit der Haartransplantation ist es folglich möglich, auch in die von Haarausfall betroffenen Körperstellen gesunde Haare zu verpflanzen, die dort vital und langfristig wachsen können.

Eine Haartransplantation ist jedoch nur mit körpereigenem Haar möglich. Das heißt, die Entnahme der Haare und ihre Transplantation an eine andere Position, kann nur an ein und demselben Menschen erfolgen, da fremde Haare vom Körper abgestoßen werden.

2.3 Androgenetische Alopezie (AGA) – die häufigste Form des Haarausfalls

Aufgrund der hohen Prävalenz des androgenetischen Haarausfalls werden wir im Folgenden etwas vertiefender auf die Ätiopathogenese des androgen-

induzierten, genetisch bedingten sowie altersabhängigen Prozesses des Haarverlustes eingehen.

Etwa 95 % unserer Patienten leiden unter den Folgen der AGA, welche zu einer zunehmenden Verkürzung des Haarwachstumszyklus und zur gleichzeitigen Miniaturisierung der Haarfollikel in bestimmten Kopfhautregionen führt.

Wie der Name schon vermuten lässt, spielen Androgene eine zentrale Rolle in der Entwicklung dieser Erkrankung vor allem bei Männern. Hamilton (1951) definierte drei entscheidende Faktoren, die bei der Bildung des androgenetischen Haarausfalls bedeutsam sind: Genetik, Androgenabhängigkeit und Lebensalter. Schließlich etablierte er den Begriff »androgenetische Alopezie«.

Diese Art des genetisch induzierten Haarausfalls betrifft Männer und Frauen gleichermaßen, jedoch zeigen sich geschlechtsspezifisch typische Ausprägungsmuster im progredienten Verlauf der Krankheit, auf welche wir noch eingehen werden.

Lange galt die AGA als autosomal dominante Erkrankung bei Männern bzw. eine autosomal rezessive Erkrankung bei Frauen (Osborne 1916). Kuster u. Happle (1984) widerlegten diese Annahme und wiesen mit ihrer Untersuchung den polygenetischen Vererbungscharakter der AGA nach.

Daraus folgt, dass die AGA eine komplexe Erkrankung ist, welche durch mehrere verschiedene Genvariationen bzw. Gendefekte und ggf. andere Faktoren verursacht wird.

2.3.1 Androgenetische Alopezie bei Männern

Randall et al. (1992) wiesen eine erhöhte intrazelluläre Bildung von Androgenrezeptoren in den von Haarausfall betroffenen Kopfhautarealen nach. In der Regel sind derartige Androgenrezeptoren bei Männern maßgeblich an der Ausdifferenzierung epithelialer Zellen sowie an der Bildung von Terminalhaaren beteiligt. Ihre erhöhte Anzahl (und damit auch die gesteigerte Aktivität der Androgenrezeptoren) führt hier jedoch zu einer gegenteiligen Wirkung, die sich durch folgende Symptome zeigt:

- Miniaturisierung der Haarfollikel: Die Haarfollikel schrumpfen und bilden dünnere und kürzere Haare aus.

- Veränderung der physiologischen Wachstumsphasen: Die Anagenphase (Wachstumsphase) verkürzt sich, während sich die Telogenphase (Ruhephase) verlängert (Rushton et al. 1991).

Klassifizierung

Die AGA des Mannes verläuft zumeist nach einem typischen Haarausfallmuster. Um eine Vergleichbarkeit bezüglich des von Haarverlust betroffenen Grades der AGA bei Männern zu erlangen, wurde die Hamilton-Norwood-Klassifizierung eingeführt. Nach dieser wird der androgenetische Haarausfall von Männern in verschiedene Stadien eingeteilt, denen sieben Haarausfallmuster (I bis VII) zugeordnet werden.

Auch wenn einzelne Haarausfallmuster und bestimmte Mischformen in dieser Klassifizierung keine Berücksichtigung finden, so veranschaulicht sie in verständlicher Form die möglichen Erscheinungsbilder des Haarausfalls und ermöglicht eine standardisierte medizinische Dokumentation. Diese Art der Klassifizierung ist aus dem klinischen Alltag der modernen Haarchirurgie nicht mehr wegzudenken.


Das Klassifizierungssystem erhielt seinen Namen von Hamilton, der die Verlaufsklassifikation des männlichen Haarausfalls 1951 schematisch darstellte und von Norwood, der das Schema 1975 modifizierte und weiterentwickelte (Norwood 1975). Aus praktischen Gründen werden wir das gemeinsame Klassifizierungssystem in diesem Buch als Norwood-Klassifizierung (NW) bezeichnen.

Verlauf

Die AGA des Mannes verläuft bis auf wenige Ausnahmen nach einem typischen Haarausfallmuster. Der Haarverlust beginnt zunächst im frontotemporalen Bereich mit der Ausbildung von Geheimratsecken und mit der Ausdünnung und dem Zurückweichen des vorderen Haaransatzes (NW I–III).

Der Haarausfall erstreckt sich dann über die Vertexregion (NW IV) bis hin zur Ausbildung einer vollen Scheitelglatze (NW V–VII).

Die Ausweitung der Alopezie erfolgt schließlich über die temporoparietale, okzipitoparietale und okzipitalen Regionen des Haarkranzes (NW V–VII).

Die einzelnen Haarausfallmuster vollziehen sich wie folgt (I–VII;  Abb. 2.10).

Typ I

Dieser Typ kann in zwei verschiedenen Formen vorkommen:

- ohne Ausbildung von Geheimratsecken
- mit Ausbildung kleiner Geheimratsecken.

Der frontozentrale Haaransatz ist in beiden Fällen nicht von Haarausfall betroffen.

Typ II

Dieser Typ bedeutet einen frontotemporalen Haarverlust mit sichtbarer Ausbildung der Geheimratsecken. Die Scheitelpunkte der Geheimratsecken liegen anterior zur gedachten Linie, die sich 2 cm vor dem äußeren Gehörgang in der Transversalebene befindet. Der frontozentrale Haaransatz zeigt ansatzweisen Haarverlust und Ausdünnung.

Typ III

Die Geheimratsecken weiten sich nach posterior aus, die Scheitelpunkte der Geheimratsecken liegen nun jeweils hinter der gedachten Linie, welche sich 2 cm vor dem äußeren Gehörgang in der Transversalebene befindet.

Typ III A

Im Vergleich zu Typ III bildet sich der vordere Haaransatz bis zur Höhe des Scheitelpunktes der Geheimratsecken zurück, sodass sich diese mit dem Haaransatz annähernd auf einer Linie befinden.

Typ III Vertex

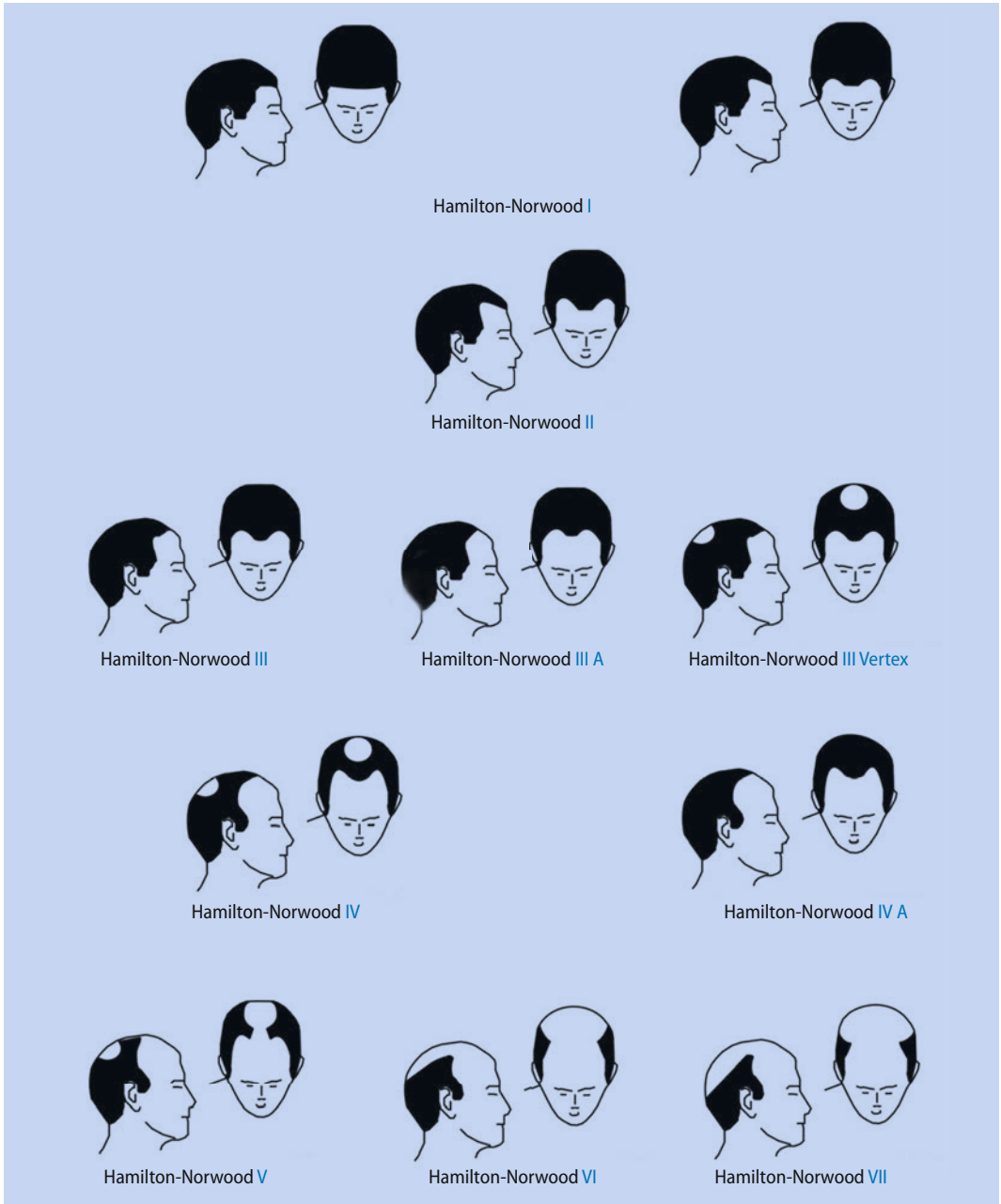
Es bestehen Geheimratsecken mit Beteiligung der Vertexregion.

Typ IV

Der Haarverlust im frontalen Haaransatz schreitet fort und Geheimratsecken und Haaransatz konfluieren miteinander. Vom frontalen Haaransatz bleibt lediglich posterior eine Haarbrücke bzw. ein Haarband von wenigen Zentimetern bestehen, die unmittelbar nach anterior die Vertexregion begrenzt. Der Haarausfall schreitet ebenfalls in der Vertexregion fort.

Typ IV A

Die Ausdehnung des Haarausfalls schreitet im gesamten Scheitelbereich ohne Beteiligung der Vertexregion fort.



■ **Abb. 2.10** Hamilton-Norwood-Klassifikation zur schematischen Darstellung des androgenetischen Haarausfalls des Mannes

Typ V

Die Haarbrücke verschmälert sich bzw. besteht nur noch aus vereinzelt Haaren. Der Haarkranz verkleinert sich.

Typ VI

Zunehmende Ausweitung der kahlen Flächen mit weiteren Verschmälerungen des Haarkranzes. Die Vertexregion dehnt sich weiter nach kaudal und

lateral aus, während der seitliche Haarkranz zunehmend nach kaudal absackt.

Typ VII

Dieser Typ stellt das letzte Stadium des Haarausfalls dar. Der komplette Haarkranz hat sich weit zurückgezogen, der laterale Haarkranz kann sich im Extremfall kaudal bis zu den Ohrmuscheln ausweiten. Der posteriore Anteil des Haarkranzes kann im äußersten Fall bis auf lediglich 3–4 cm schrumpfen.

2.3.2 Androgenetische Alopezie bei Frauen

Über die Pathophysiologie der weiblichen AGA ist im Vergleich zum männlichen Haarausfall bisher nur wenig bekannt. Aufgrund neuer Erkenntnisse der vergangenen Jahre verfestigte sich jedoch zunehmend die Annahme, dass Androgene in Bezug auf den Haarausfall bei Frauen eher eine untergeordnete Rolle spielen.

Da die typischen Symptome einer Hyperandrogenämie bei weiblichem Haarausfall fehlen und bei den meisten Betroffenen kein erhöhter Androgenspiegel nachweisbar ist, dürfte eine vermehrte Androgenbildung als Ursache für die AGA also eher eine unwesentliche Rolle spielen. Die Non-Response auf die Finasteridtherapie bei postmenopausalen Betroffenen unterstreicht diese Annahme (Price 2003).

Wegen der nachrangigen Rolle der Androgene rückte zunehmend das Enzym Aromatase als mögliche Ursache des androgenetischen Haarausfalls bei Frauen in den Fokus der Forschung. Die geschlechtsspezifisch vermehrte Expression des Aromataseenzym an weiblichen Haarfollikeln, welche die endogene Umwandlung von Androgenen in Östrogene katalysiert, stellt einen neuen Erklärungsansatz dar. Die Haarfollikel sind aufgrund zahlreicher Östrogenrezeptoren sehr östrogensensibel (Thornton 2002).

Östrogenen wird eine stimulierende Wirkung auf das Haarwachstum zugeschrieben (Conrad et al. 2004). Die verminderte Aromataseaktivität und die dadurch verminderte Östrogenbildung scheinen die AGA bei Frauen zu begünstigen. Die Östrogene

stimulieren die Bildung von sexualhormonbindendem Globulin (SHBG), welches ein spezifisches Transportprotein für Sexualhormone und insbesondere die Androgene ist. Die verminderte Östrogenbildung führt zur Abnahme der peripheren SHBG-Konzentration und dadurch zur Erhöhung der peripheren Androgenkonzentration. Diese Theorie deckt sich mit Studien, die über eine inverse Korrelation zwischen SHBG und dem Schweregrad des weiblichen Haarausfalls berichtet haben (Vexiau et al. 2000).

Die genauen Ursachen der AGA bei Frauen und Männern bleiben weiterhin unbewiesen und bedürfen weiterer Untersuchungen.

Klassifizierung und Verlauf

Der androgenetische Haarausfall nimmt bei Frauen einen anderen Verlauf als bei Männern, weshalb hier andere Klassifizierungssysteme zur Anwendung kommen (z.B. Ludwig-, Olsen-, Savin- oder Sinclair-Schema). Ein häufig verwendetes Klassifizierungssystem der weiblichen AGA ist das Ludwig-Schema, laut dem der Haarausfall im Mittelscheitelbereich beginnt und sich seitlich und nach anterior ausdehnt. Die frontale Haarlinie bleibt nach dem Ludwig-Schema im Vergleich zum männlichen Haarausfall jedoch ganz oder teilweise bestehen. Unsere klinischen Erfahrungen zeigen, dass der Haarverlust bei Frauen zumeist initial im vorderen Abschnitt des Mittelscheitels beginnt (■ Abb. 2.11), sich dann weiter entlang des Mittelscheitels sowohl in Richtung des Vertex als auch zur frontalen Haarlinie hin ausdehnt, bevor er sich schließlich im Laufe der Zeit zunehmend seitlich parietal ausbreitet. In etwa 80 % der Fälle beobachten wir zusätzlich eine mit zunehmendem Alter auftretende diffuse Ausdünnung der gesamten Haarkranzregion.

Der typisch männliche Haarausfall mit komplettem Verlust der Haare im frontotemporalen Bereich und der Scheitelregion kommt bei Frauen in der Regel nicht vor. Bei ihnen bleiben hier stets zumindest spärliche, schütterte Haarbestände in der Haarlinie und am Oberkopf bestehen (■ Abb. 2.12).



<http://www.springer.com/978-3-642-54559-7>

Minimalinvasive Haartransplantation

Azar, R.P. (Hrsg.)

2015, XI, 156 S., Hardcover

ISBN: 978-3-642-54559-7