

Rezension zu:

**Bernhard Kerres, Cheops. In der Mitte der Pyramide.
Detaillierte Gebäudeanalyse und Theorie zum Bau der Cheops-Pyramide
(Stuttgart 2018).**

Frank Müller-Römer

In den vergangenen zwei Jahrzehnten erschien eine Reihe von Publikationen zum Bau der Pyramiden im Alten Ägypten und insbesondere zum Bau der Cheops-Pyramide. Nur wenige wurden jedoch von Experten verfasst, die sowohl über das Wissen der Ägyptologie als auch über entsprechende technische Kenntnisse verfügen.

Der Architekt Bernhard Kerres befasst sich seit langem mit Fragen der Ägyptologie und der Bautechnik der Cheops-Pyramide. Nach seiner Pensionierung als Leiter des Stadtplanungsamtes der Stadt Fellbach bei Stuttgart vertiefte er seine Studien und veröffentlichte 2018 seine Überlegungen und Erkenntnisse in dem hier angezeigten Buch. Dieses enthält 284 Seiten Fließtext mit darin integrierten Schwarzweiß- und Farb-Abbildungen, Skizzen und Kartendarstellungen sowie eine abschließende Zusammenfassung. Die Quellenangaben zu den 64 Fußnoten im Text werden im Anhang im Abschnitt Verweise aufgeführt. Ein Bildnachweis beschließt das Werk. Ein Stichwortverzeichnis enthält das Buch jedoch nicht.

In seinem Vorwort *Zu diesem Buch* (S. 5-7) beschreibt der Autor seine Vorgehensweise analog zu den in der Architektur üblichen Anforderungen an einen Gebäudeentwurf, nämlich Funktion, Konstruktion und Form nacheinander zu betrachten. Eine Gebäudeanalyse der Cheops-Pyramide wird durch den zeitlichen Abstand von über 4500 Jahren seit Errichtung und durch das Fehlen jeglicher Original-Planungsunterlagen erschwert. Die Bauwerksanalyse und der überwiegende Teil der Zeichnungen des Autors stützen sich auf die Bauaufnahme der italienischen Ägyptologen Maragioglio und Rinaldi aus den 1960er Jahren.¹

Das Buch gliedert sich in drei Teile: das äußere Bild der Pyramide (Funktion, Konstruktion und Form), das innere Gang- und Kammersystem sowie die von Kerres entwickelte Hypothese zum Bau der Pyramide. Diese drei Hauptabschnitte verteilen sich auf 24 Kapitel, die wiederum jeweils eine in sich abgeschlossene Thematik behandeln und mit einer kurzen Zusammenfassung schließen. Zahlreiche Abbildungen erleichtern dabei das Verständnis.

In Kapitel 1 (S. 16-25) *Die Pyramide als Grabstätte* wird die Entwicklung der altägyptischen Grabbauten ausgehend von der ägyptischen Religionsvorstellung und dem Streben nach der Unsterblichkeit vom Hügel- und Schachtgrab über die Mastababauten der 1. Dynastie bis hin zu den drei Pyramiden des Snofru erläutert.² Diese Veränderung der Bauweise zur Form einer Pyramide lässt die ursprüngliche Form eines Grabmals und dessen Funktion weitgehend in Vergessenheit geraten.

Kapitel 2 (S. 26-36) untersucht Kerres *Die Pyramide als Mittelpunkt einer Stadanlage*. In diesem Abschnitt werden die Elemente des Pyramidenkomplexes

¹ Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., *L'Architettura delle Piramidi Menfite*, Parte IV, Turin/Rapallo 1965.

² Zwischen der Vollendung der Pyramide des Djoser und des Cheops liegen nicht 60, sondern 90 Jahre.

(Pyramide, Totentempel, Aufweg und Taltempel) sowie Hafenanlage und ihre Funktionen sowie die Anordnung der Pyramidenkomplexe in Gise beschrieben. Ausführlich dargestellt werden auch die Beamtenfriedhöfe, die Schiffsfunde an der Cheops-Pyramide, der Taltempel des Chefren und des Sphinx sowie der überdachte Aufweg des Unas. Ein Vergleich der Größe des Geländes der Cheops-Pyramide mit dem Platz vor dem Petersdom in Rom veranlasst Kerres zu der – nicht zutreffenden – Schlussfolgerung, dass es sich bei der Pyramidenanlage des Cheops um eine Totenstadt mit einem großen Platz für jährliche Feierlichkeiten einer größeren Menschenmenge gehandelt habe.

In Kapitel 3 (S. 38-43) *Statik und Struktur* erläutert Kerres ausgehend von einem Größenvergleich der Cheops-Pyramide mit dem Ulmer Münster als höchstem Steinbau der Welt, warum dessen Höhe von 161,6 m nie von einem Steinbau übertroffen wurde und wieso die Ägypter mit den damaligen technischen Hilfsmitteln in der Lage waren, mit der Höhe der Cheops-Pyramide (146,6 m) einen Rekord aufzustellen, der über 4000 Jahre Bestand hatte. Die jeweils unterste Steinschicht muss das gesamte Gewicht des Bauwerks tragen. Die Festigkeit des Steinmaterials setzte der Höhe also Grenzen. Trotz der Minimierung des Baumaterials der Kirchtürme durch Bögen und eine filigrane Baustruktur wurde die Höhe des Ulmer Münster nie übertroffen. Entscheidend ist darüber hinaus zu untersuchen, ob der Untergrund das Gewicht des Bauwerks tragen kann. Die Pyramidenform erreicht bei vergleichbarem Bodendruck eines Quaders die dreifache Höhe. Diese Erkenntnis nutzen die Baumeister im Alten Ägypten. Die Aussage, dass der strukturelle Aufbau der Cheops-Pyramide weitestgehend unbekannt sei, kann durch eine Reihe von bautechnischen Beobachtungen und Untersuchungen des Rezensenten bezweifelt werden.³

In Kapitel 4 (S. 44-52) *Das äußere Mauerwerk* wird die Analyse der Verlegung der waagerechten äußeren Steinschichten der Cheops-Pyramide aufgezeigt. Danach seien die Ober- und Unterkanten der Steine entsprechend der jeweiligen Höhe plan gearbeitet und exakt aufeinander gelegt. Die Seitenflächen schließen teilweise fugenlos und teilweise grob bearbeitet aneinander, allerdings verlaufen die Fugen nicht immer genau senkrecht. Die äußere Steinschicht aus feinem Kalkstein hat nach Kerres dieselbe Höhe wie die dahinter liegende, heute noch vorhandene Schicht (backing stones, Abb. 63). Diese Feststellung trifft jedoch nicht immer zu. Die dahinter liegende Steinschicht ist gelegentlich zum Anpassen von Verkleidungssteinen bearbeitet worden.⁴ Die Verlegung beider Schichten erfolgte in einem Arbeitsgang. Die Höhe der insgesamt heute noch vorhandenen 200 Steinschichten wurde mehrfach vermessen. Kerres analysiert die unterschiedlichen Steinhöhen aufgrund der Messungen von Georges Goyon aus den 1950er Jahren und kommt zu dem Ergebnis, dass ein Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Steinhöhen und dem Bauwerk nicht herzustellen ist. Dem ist entgegenzuhalten, dass die Höhe der Stufe am Ende der Großen Galerie und der Boden der Königskammer entsprechend der Messungen von Goyon mit 42,93 m exakt der Höhe eines Pyramidenstumpfs entsprechen, dessen oberer Flächeninhalt die Hälfte der

³ Müller-Römer, F., *Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten*, München 2011, S. 173-178: Im Verlauf des Grabräubertunnels ab einem Abstand von ca. 15 m vom Eingang tritt eine Änderung der Steinhöhen und der Struktur der einzelnen Schichten ein. Ganz deutlich wird die innere Baustruktur bei der Pyramide des Mykerinos. Dort besteht der Kern der Pyramide aus einzelnen Mastaba-ähnlichen Stufen, die dann bis zur Außenfläche verkleidet wurden (vgl. Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., *L'Architettura delle Piramidi Menfite*, Parte VI, Turin/Rapallo, 1965, Testo S. 34ff. und S. 94ff. sowie ADDENDA, Taf. 4, Fig. 2, Schnitt S-N).

⁴ Unterberger, E., *Die Tricks der Pyramidenbauer. Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden*, Innsbruck 2008, S. 115ff.

Grundfläche der Cheops-Pyramide ausmacht.⁵ Maragioglio und Rinaldi geben die Höhe der Stufe mit 43,03 m an. Zudem markiert die Stufenkante die Ost-West-Achse der Pyramide.⁶ Darüber hinaus teilt die Oberkante der 53. Schicht das Volumen der Pyramide im Verhältnis 2 (untere Hälfte) zu 1 (obere Hälfte).

Zur Produktion der Steine im Steinbruch weist Kerres darauf hin, dass die seit Georges Goyon in der Ägyptologie vertretene Auffassung, die Steine seien durch ausgearbeitete Furchen voneinander zu trennen, äußerst unwirtschaftlich sei. Vielmehr sei anzunehmen, dass der Fels nach der Dicke der für den Bau benötigten Steine gebrochen wurde. Dabei fielen natürlich auch Steine kleineren Formats an, die ebenfalls verbaut werden mussten. Das sei der Grund für stets wechselnde Schichthöhen.

In Kapitel 5 (S. 53-60) *Die messtechnische Kontrolle* beschreibt Kerres die Messtechniken für den erfolgreichen Bau einer Pyramide wie folgt: Die Mittellinien der vier Seitenflächen und die vier Kanten müssen sich in der Spitze treffen. Ständige Messungen der Seitenlänge, der Horizontalen, der rechten Winkel, der Höhe und der Ausrichtung nach Norden sind dafür die Voraussetzungen. Er erläutert weiterhin die für die einzelnen Messungen zu der damaligen Zeit gebräuchlichen Techniken. Die in der ägyptologischen Literatur genauer beschriebenen Verfahren werden nicht angesprochen bzw. nicht aufgezeigt.⁷ Anschließend werden Maße und Messeinheiten aufgeführt.

Die bis auf wenige Zentimeter gleich langen Basislängen der Cheops-Pyramide von 230 m werden als Voraussetzung für den erfolgreichen Bau der Pyramide mit vier gleich geneigten Seitenflächen bezeichnet. Die Errichtung der Pyramide in einzelnen Stufen und die dafür vorgeschlagenen Messeinrichtungen für die Errichtung und Vermessung der vier Seitenflächen werden anhand verschiedener Zeichnungen verdeutlicht. Dabei übersieht Kerres, dass die heute sichtbaren Außenflächen der Cheops-Pyramide – wie auch die der Roten Pyramide⁸ – leicht konkav nach innen vertieft geformt sind. An der Nordseite sind dies ca. 94 cm.⁹ Eine genaue Einmessung über die Seitenflächen kann daher nicht erfolgt sein. Daraus ergibt sich, dass die entscheidenden Linien beim Bau einer Pyramide die vier Kanten sind.¹⁰ Sie müssen von der Eckkante jeder Schicht aus in einer Linie und immer unter dem Rücksprung 9:10 (41°59'13“) nach oben zur Spitze geführt werden. Die Vermessungsarbeiten¹¹ bei Verlegung und Glättung der äußeren Steinschicht sind dafür entscheidend. Die von Kerres vorgeschlagene Messeinrichtung (Abb. 84) könnte dafür verwendet werden.

Einer genauen Höhenmessung des Mittellots kommt nach Kerres eine besondere Bedeutung zu. Er hält dafür einen inneren, begehbaren Schacht zur ständigen Kontrolle der vertikalen Mittelachse und zum Messen der jeweiligen Höhen der einzelnen Etagen

⁵ Sult, K.-H., Cheopspyramide, Die verborgene Relation der drei Kammern zueinander, Norderstedt 2017, S. 13.

⁶ Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte IV, Turin/Rapallo 1965, ADDENDA, Taf. 3, Fig. 1.

⁷ Zusammenstellung und Beschreibung siehe z.B. Müller-Römer, F., Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten, München 2011, S. 112–138 und Unterberger, E., Die Tricks der Pyramidenbauer. Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden, Innsbruck 2008, S. 11-102.

⁸ Lexikon der Ägyptologie, Band IV, S. 1228.

⁹ Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte IV, Turin/Rapallo, 1965, Testo, S. 16; Petrie, W.M.F., The Pyramids and Temples of Gizeh, London 1883, S. 43-49; Gossart, J., Le grand retour de Cheops, in: Kadath (70) 3, 1989, S. 6.

¹⁰ Unterberger, E., Die Tricks der Pyramidenbauer. Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden, Innsbruck 2008, S. 90ff.

¹¹ Je Steinschicht der äußeren Verkleidung: Seitenlänge, Rechter Winkel der Ecksteine, waagerechte Steinverlegung, Messung der Diagonalen.

bzw. Stufen unter Hinweis auf den freien Raum entlang der Mittelachse für unerlässlich. Dem muss entgegenhalten werden, dass ein in der Mitte angebrachter senkrechter Schacht bei keiner einzigen Pyramide archäologisch belegt ist. Genaue Höhenmessungen wären auch durch die Addition der einzelnen, stets waagrecht verlegten Steinschichten möglich. Wie genau die Höhen der einzelnen Schichten eingehalten wurden, zeigen Messungen an der Nordost- und Südwestecke der Cheops-Pyramide.¹² So beträgt die Differenz zwischen beiden Steinschichten beispielsweise zwischen der 31. und 60. Schicht insgesamt siebenmal 0,0 cm. Kleinere Differenzen zwischen den Schichten wurden immer wieder ausgeglichen.

Das Kapitel 6 (S. 62-65) mit dem Titel *Die geometrische Formel* befasst sich mit verschiedenen geometrischen Formen. Kerres äußert die Meinung, dass die ägyptischen Baumeister mit der Pyramidenform auf das Oktaeder zurückgegriffen haben. Die ausschließliche Verwendung eines reinen geometrischen Körpers als Form für die königlichen Grabbauten über 1000 Jahre hinweg sei eine Einmaligkeit in der gesamten Baugeschichte.

In Kapitel 7 (S. 66-72) *Die Wahl des Neigungswinkels* werden die Neigungswinkel der Pyramiden des Alten Reiches miteinander verglichen. Lässt man die Pyramiden des Sofru außer Betracht, gibt es nur zwei unterschiedliche Neigungswinkel: den „Cheops-Winkel“ mit dem Neigungsverhältnis (der Seitenflächen) von 14:11 und den „Chefren-Winkel“ von 4:3. Dem gegenüber steht der Neigungswinkel des Oktaeders von 99:70. Dieser scheidet aus messtechnischen Gründen jedoch aus. Ein Vergleich der beiden anderen Neigungswinkel führt zu dem Ergebnis, dass der geringfügig steilere Winkel des Typs Chefren ($1,6^\circ$) zu beachtlichen Einsparungen an Baumaterial führt. Diese sehr interessante Betrachtung von Kerres zeigt deutlich, warum nach dem Bau der Chefren-Pyramide überwiegend deren Neigungswinkel verwendet wurde.

Eine detaillierte Betrachtung der Bauform der Knickpyramide schließt dieses Kapitel ab. Darin vertritt Kerres die Meinung, die bauliche Änderung im oberen Teil der Pyramide mit einem geringeren Neigungswinkel sei auf unzureichende Vermessungsarbeiten an den Seitenflächen des unteren Pyramidenstumpfes zurückzuführen. Dem stehen jedoch Bodenuntersuchungen entgegen, nach denen der Untergrund aus einer Tonschieferablagerung geringer Tragfähigkeit besteht und das Gewicht der Pyramide zu einer zu hohen Bodenpressung führte.¹³ Senkungen und Bauschäden waren die Folge und führten zu einer anderen Bauweise¹⁴ im oberen Teil.

Das Kapitel 8 (S. 73-76) ist mit *Das Geheimnis um die Zahl Pi* betitelt und widmet sich der Frage, wieso sich in den Maßen der Cheops-Pyramide in direkter Relation die Kreiszahl Pi und auch die Zahl Pi des Goldenen Schnitts in großer Näherung verbergen. Kerres zeigt überzeugend, dass dafür das Steigungsverhältnis von 14:11 maßgebend ist. Er vermutet, dass die ägyptischen Baumeister diese Zusammenhänge kannten und deshalb für die Cheops-Pyramide als größtes Bauwerk nach den drei Snofru-Pyramiden dieses Verhältnis wählten. Wie an vielen anderen Stellen des Buches auch werden die Ausführungen durch übersichtliche und sehr gut ausgearbeitete Abbildungen ergänzt.

Im folgenden *Teil II* wird *Das innere Gang- und Kammersystem* eingehend beschrieben. *Das Grundgerüst des Gang- und Kammersystems* wird in Kapitel 9 (S. 80-

¹² Petrie, W. M. F., *The Pyramids and Temples of Gizeh*, London 1883, Taf. VIII.

¹³ Winkler, R., *Logistik des Pyramiden-Baues*, Univ. Diss. Stuttgart 2002, S. 75ff.

¹⁴ Im Gegensatz zu einer nach innen geneigten Steinverlegung (Schichtbauweise) im unteren Teil der Pyramide wurde im oberen Teil eine waagerechte Steinverlegung durchgeführt.

90) behandelt. Die Gang- und Kammersysteme der 4. bis 6. Dynastie werden darin analysiert und miteinander verglichen.¹⁵ Die Anordnung in allen Pyramiden (mit Ausnahme der des Djedefre und Menkaure (Mykerinos) sowie der unfertigen Pyramiden) weist große Gemeinsamkeiten auf: Die Grabkammern befinden sich knapp unterhalb oder oberhalb des Basisniveaus und in der Nähe der Pyramidenmittelachse, der Zugang liegt stets auf der Nordseite und die Gang- und Kammersysteme sind auf die Nordseite hin ausgerichtet. Ausführlich werden dann die Gang- und Kammersysteme der Cheops-Pyramide anhand übersichtlicher Darstellungen und Abbildungen beschrieben: der Absteigende Gang mit der Felsenkammer, der Aufsteigende Gang mit seiner inneren Struktur, der Horizontale Gang mit Königinnenkammer, die Große Galerie und der Zugang zur Königskammer einschließlich der Verschlusskammer.¹⁶ Besonders wird von Kerres darauf hingewiesen, dass alle Gänge und Kammern so angelegt seien, dass die Mittelachse der Pyramide frei bleibt.

In Kapitel 10 (S. 90-100), das den Titel *Die übrigen Gänge und Hohlräume* trägt, werden ebenfalls wieder mit sehr gut angelegten Farbdarstellungen und Fotos der sogenannte Fluchtschacht, der Grabräubertunnel, die weiteren Schächte, die sogenannten Entlastungskammern und die Luftschächte erläutert. Verlauf und mögliche Funktionen des sogenannten Fluchtschachtes werden dabei ausgiebig dargestellt. Eine sinnvolle Erklärung für diesen Schacht könne jedoch nicht gegeben werden. Der von Grabräubern leicht zu entdeckende Fluchtschacht stehe im Widerspruch zu den aufwendigen Sicherungsmaßnahmen im Zugangsschacht zur Königskammer und dem Verschlusssystem im aufsteigenden Gang zur Großen Galerie. Der Grabräubertunnel endet punktgenau am oberen Ende des dritten Blockier-Steins aus Granit am unteren Ende des aufsteigenden Gangs. Den Grabräubern bzw. Erbauern musste die innere Struktur der Pyramide bekannt gewesen sein. Die Feststellung, dass dieser Gang erst nach Eindringen von innen geschlagen wurde, würde nur zutreffen, wenn die Grabräuber über den Fluchtschacht ins Innere gelangt wären.

Ausgiebig befasst sich Kerres mit den sogenannten Entlastungskammern. Er zeigt auf, dass das Gewicht der Steinmassen über der Königskammer bereits durch die über den vier zusätzlichen Steinlagen über der horizontalen Decke der Königskammer angebrachten Giebelkonstruktion auf die seitlichen Wände abgelenkt wird. Die Steinlagen stellten nur ein zusätzliches Gewicht von ca. 1.500 t dar. Weitere Details und Überlegungen werden in Kapitel 13 *Die Königskammer* genannt. Die Führung der vier Luftschächte wird ebenfalls eingehend beschrieben. Kerres bezweifelt deren Wirkungsweise für eine Belüftung mit Frischluft während der Bauarbeiten. Nur eine Frischluftzufuhr als Folge der Kaminwirkung des bereits in Kapitel 5 vorgeschlagenen senkrechten Schachtes in der Mittelachse der Pyramide sei sinnvoll. Andererseits berichteten die britischen Forscher Vyse und Perring, dass nach ihrer Säuberung der Luftschächte der Königskammer plötzlich ein merklicher Luftzug eingetreten sei.¹⁷ Der Ägyptologe Krauss berechnete eine Luftströmung von 90 m³ pro Stunde.¹⁸

¹⁵ In der vergleichenden Darstellung auf den S. 80 und 81 ist die Pyramide des Mykerinos nicht aufgeführt.

¹⁶ Mit einem originalgetreuen Nachbau des Mechanismus' der Verschlusskammer zum Absenken der Verschlusssteine hat Uwe Dorka (Universität Kassel, Fachbereich Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen, Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Fachgebiet Stahl und Verbundbau) gezeigt, dass das System zum Absenken der drei Granitsteine der Verschlusskammer mit geringem Kraftaufwand bedient werden kann.

¹⁷ Vyse, R. W. H., und Perring, J. S., *Operations carried on at the Pyramids of Gizeh in 1837*, Volume I., London 1840, S. 286.

¹⁸ Krauss, R., *Astronomie in den Pyramidentexten*, in: G.R.A.L. 1/1995, S. 15.

In Kapitel 11 (S. 100-105) *Der innere Felskern* werden die geologischen Verhältnisse des nördlichen Teils des Gise-Plateaus eingehend erläutert. Es wird ein Vorschlag gezeigt, wie die Pyramidenbasis entstehen und der Felskern in den Baukörper einbezogen werden könnten. An drei Ecken (Nordwest, Nordost und Südost) sind Teile des Felskerns im Mauerwerk mit einer Höhe von ca. 2 m sichtbar. Kerres geht bei seinen Überlegungen von einem eben bearbeiteten Felskern in Höhe von 6 m und einem Geländequerschnitt aus, der höher war als der heute vorhandene. (Abb. 158). Dies entspricht jedoch nicht den tatsächlichen Gegebenheiten auf der Südost-, Ost- und Nordseite. Interessant ist jedoch die Überlegung von Kerres, dass der Aufsteigende Gang im gewachsenen Felsen ca. 6 m über der Pyramidenbasis beginnt, um die Wucht der zum Verschließen des Aufsteigenden Gangs herabgelassenen drei Blockier-Steine aufzufangen. Der Absteigende Gang sei deshalb auch im Felsen im Bereich der Abzweigung des Aufsteigenden Gangs mit Steinplatten verkleidet worden, um den Eingang zum Aufsteigenden Gang zu verbergen (Abb. 162).

Ausgehend von der Annahme, dass für ein präzises Erreichen der Pyramiden spitze ein ständiges Messen vom Mittellot der Pyramide erforderlich sei, entwirft Kerres in Kapitel 12 (S. 106-112) *Die freie Mitte* Größe und Positionierung eines inneren Schachtes (Abb. 166) mit einer Treppenanlage. Das nach Osten verschobene Gangsystem sowie die Lage der oberirdischen Kammern außerhalb des Mittellots sprächen dafür. Darüber hinaus schlägt er die Annahme von Verbindungsgängen zwischen dem Schacht und den beiden oberirdischen Grabkammern jeweils auf deren Höhe vor. Dadurch sei eine gute Belüftung und über zwei Spiegel – jeweils einer am oberen Ende des Belüftungsschachtes und an der Abzweigung zur Königskammer (Abb. 169) – auch eine Beleuchtung der Königskammer möglich gewesen. So überzeugend die Idee eines senkrecht nach oben führenden Schachtes auch in Abbildungen dargestellt wird, so fehlt ihr jedoch jede archäologische Grundlage. Wie bereits an anderer Stelle dargelegt, ist eine korrekte Vermessung der Außenkanten auch ohne ein Mittellot möglich. Eine leichte Versetzung des Pyramideneingangs von der Nord-Süd-Achse in Richtung Osten ist übrigens bei mehreren Pyramiden zu beobachten (Rote Pyramide, Cheops-Pyramide, Chefreden-Pyramide, Mykerinos-Pyramide, Pyramide der Chentaus).

In den Abb. 166, 167 und 171 ist jeweils die Kante der Stufe am oberen Ende der Großen Galerie nicht deckungsgleich mit der Ost-West-Achse dargestellt. Dagegen ist die seitenverkehrte Angabe der Nord-Süd-Achse gegenüber der Zeichnung von Maragioglio richtig erkannt worden.¹⁹

In Kapitel 13 (S. 114-123) *Die Königskammer* widmet sich Kerres nach einer detaillierten Beschreibung des Granitsarkophags den Maßen der Wände des Raumes und seiner Proportionen. Bei einer genauen Betrachtung der Abmessungen und Anordnung der Stoßfugen der fünf Lagen der glatt polierten Granitblöcke stellt er fest, dass in der Nord- und Südwand mögliche Maueröffnungen während der Bauzeit bestanden haben könnten (Abb. 176) und vermutet, dass die größere Öffnung in der Nordwand eine Verbindung zu dem Schacht in der Pyramidenmitte ermöglicht habe. Eine Analyse des Raumes ergibt eine Grundfläche von 20 mal 10 Ellen und eine Höhe von 11,16 Ellen. Dieses „krumme“ Maß wird erst verständlich, wenn die Raumdiagonale betrachtet wird: Die Diagonale der Stirnseite (15 Ellen) ergibt mit der Längsseite (20 E) und der Raumdiagonale (25 E) das Pythagoreische Dreieck 3:4:5 (Abb. 179). Mit den Ellenwerten 1,2 und 3 ergibt sich dann für die Höhe eines Raumes der Wert $\sqrt{5}$ Elle

¹⁹ Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte IV, Addenda Taf. 3, Fig. 1, Turin/Rapallo 1965.

(1,17 m). Die Maße 1,05 m (2 Ellen) und 1,17 m ($\sqrt{5}$ Elle) kennzeichnen die Abmessungen der meisten Gänge der Pyramide. Kerres schildert weiterhin eindrucksvoll die Wirkung der Kammer mit den ausgeführten Abmessungen der Wandhöhe auf einen Betrachter im Vergleich zu einer geringeren bzw. quadratischen Abmessung.

Auch die Lage der Königskammer steht in einem bestimmten Verhältnis zu den Abmessungen der Pyramide. Die Höhe des Bodens der Königskammer deckt sich exakt mit der Höhe der 50. Steinlage der Außenfläche. Die Größe der Fläche eines Pyramidenstumpfes in dieser Höhe entspricht der halben Grundfläche der Cheops-Pyramide²⁰ Darauf wurde bereits in der Beschreibung des Kapitels 4 hingewiesen. Weiterhin entspricht die Höhe der Raumdecke der Königskammer der Höhe der 59. Steinlage und erreicht damit genau $\frac{1}{3}$ der Pyramidenhöhe. Diese beiden Ebenen scheinen von Baubeginn an Planungsgrundlage gewesen zu sein. Sie stellten die Baumeister vor das Problem, exakt die entsprechenden Steingrößen für die Schichten herzustellen. Kerres deutet den abrupten Wechsel der Schichthöhen ab der 35. Lage so, dass die Baumeister erkannten, dass sie mit Steinen geringerer Höhe die 50. Stufe nicht in der geplanten Höhe von 42,93 m erreichen würden. Auch dies ist eine interessante Schlussfolgerung. Die Länge der Großen Galerie und ihr Endpunkt mussten sich an die Höhe der 50. Steinlage und an die West-Ost-Achse anpassen.

Der Raum der Königskammer wird ohne Kontakt mit der obersten Lage der Granitbalken durch ein gewaltiges Giebeldach – ähnlich dem des Eingangs zur Pyramide – abgeschlossen. Dieses und das die Kammer umgebende Mauerwerk bestehen aus Kalkstein. Das Giebeldach leitet die senkrechten Kräfte zu den Seiten hin ab. Mit Blick auf die der Königskammer benachbarte Große Galerie musste dieses entsprechend weit oben angeordnet werden. Unklar ist jedoch, warum die sogenannten Entlastungskammern, deren Deckenbalken aus Granit keinerlei Last zu tragen haben und nur zusätzliches Gewicht bedeuten, gebaut wurden. Die Granitbalken sind auf drei Seiten vollständig plan gearbeitet, wie man sie für eine Verwendung als Wandsteine oder auch für ein Kraggewölbe benötigt hätte. Fernau hat sich intensiv mit dieser Frage befasst und schlägt folgende Lösung vor:²¹ Der ursprünglich verfolgte Bauplan sah eine Ausführung der Königskammer mit einem oberen Abschluss als Kraggewölbe vor – vergleichbar mit den Decken der Grabkammern der bis dahin von Snofru erbauten Pyramiden. Auch die Kultpyramide der Knickpyramide – vermutlich gegen Ende der Herrschaft des Snofru erbaut – hat eine Grabkammer mit einem Kraggewölbe. Fernau untersucht die Längen der geglätteten Granitbalken der Entlastungskammern und deren Wandverkleidungen und kommt zu dem Ergebnis, dass der Gesamtmaterialbedarf für ein Kraggewölbe mit einer Höhe von ca. 13 m unter das Giebeldach passend bei etwa 390 m liegt. Die Länge der verbauten Granitbalken beträgt ca. 450 m. Dies ist eine interessante These, welche auch zu der Überlegung von Kerres passt, wonach die Königskammer als Haus im Haus, d.h. innerhalb von Umgebungswänden und eines Giebeldaches aus Kalkstein gebaut wurde, um eventuell durch Setzungen oder Erdbeben auftretende Verschiebungen des Kernmauerwerks der Pyramide zu vermeiden.

In Kapitel 14 (S. 124-145) – *Die Große Galerie und der Aufsteigende Gang* – werden sehr ausführlich die Anordnung und Ausführung der Großen Galerie beschrieben. Detaillierte Zeichnungen sowie Fotos ergänzen den Text.²² Mit einer durchschnittlichen Höhe von 8,5 m und einer Breite von 2,09 m, die sich durch das Kraggewölbe zur Decke hin auf die Breite des Aufsteigenden Gangs von 2 Ellen (1,05 m) verringert,

²⁰ Kerres übersieht diesen Zusammenhang in Abb. 184.

²¹ Fernau, U., Die Hauptkammer der Cheopspyramide, in: Kemet 2/2000, S. 40ff.

²² In Abb. 191 fehlt die Maßangabe. Auf S. 127, rechte Spalte, 2. Absatz muss es heißen $\sqrt{5}$ (1,17 m).

bietet sich nach Verlassen des Aufsteigenden Ganges mit dem Querschnitt von 1,17 m (Höhe) auf 1,05 m (Breite) ein imposanter Eindruck. Kerres befasst sich eingehend mit den unterschiedlichen Wand- und Bodennischen und mit den Möglichkeiten der Anbringung von Halteeinrichtungen für insgesamt 24 Blockier-Steine, die nach der Bestattung des Königs in den Aufsteigenden Gang hinuntergelassen worden seien. Das Auslösen der Sperren für die angenommenen 24 Blockier-Steine soll über einen Seilmechanismus am unteren Ende des aufsteigenden Ganges erfolgt sein, sodass auch kein Fluchtweg notwendig gewesen sei. Die entsprechende Technik wird jedoch – im Gegensatz zu anderen Ausführungen – nur verbal ohne eine Zeichnung, die diesen komplexen Vorgang näher erläutert, beschrieben. Die Steine seien durch einen vermutlichen Verbindungsgang am oberen Ende vor Beginn des Ganges zur Königskammer nach Fertigstellung der Arbeiten an der Großen Galerie über den senkrechten Schacht in der Pyramide eingebracht worden. Querhölzer hätten die Steine am Rutschen gehindert. Kerres nimmt an, dass es als Abdeckung über den Steinblöcken eine Holzterrasse gegeben habe.

Zu diesem Vorschlag sind einige Anmerkungen zu machen: Im unteren, sich verengenden Teil des aufsteigenden Ganges befinden sich Reste von drei Blockier-Steinen aus Granit, die sich darin verkeilt haben. Von den 21 weiteren Steinen sind keine Reste vorhanden. Es erscheint ausgeschlossen, dass diese von Grabräubern vollständig entfernt worden sein könnten. Auch in der als Muster für die Rote Pyramide – und wahrscheinlich auch für die Planungen der Cheops-Pyramide – gebauten Kultpyramide neben der Knickpyramide ist der Aufsteigende Gang vor der Grabkammer mit einem Stauraum für vier Verschlusssteine ausgestattet.²³ Die in dem Fels östlich der Cheops-Pyramide errichtete Trial Passage kann mit der Verengung des untersten Teils des Aufsteigenden Ganges ebenfalls der Erprobung eines Verschlusses gedient haben. Der Grabräubereingang, über den man heute die Pyramide betritt, mündet auch direkt oberhalb des dritten Blockier-Steins in den Aufsteigenden Gang (Abb. 138 oben). Es ist davon auszugehen, dass die Grabräuber die innere Struktur der Pyramide und die Lage des obersten der drei Blockier-Steine genau kannten. Diese Steine müssen bereits beim Bau nach Fertigstellung der Großen Galerie – wie Kerres ausführt – von oben in diese eingebracht und dort in der Vertiefung gelagert worden sein. Allerdings ist eine Seilwinde für das Alte Reich archäologisch nicht nachgewiesen. Ein Blockier-Stein wiegt ca. 7 t und ergibt eine Hangabtriebskraft von ca. 3,75 t, mit der er entlang des Bodens nach unten rutscht. Aufgrund der Reibungskraft dürfte sich diese Abwärtskraft um 1,65 t auf ca. 2,1 t verringert haben.²⁴ Um die Blockier-Steine über den unteren Bereich der Großen Galerie hinausgleiten zu lassen, waren in regelmäßigen Abständen Blockier-Einrichtungen, wie sie Kerres beschreibt, erforderlich. Dass der Raum über den drei Blockier-Steinen mit einer Treppe versehen war, ist zu bezweifeln. In den Pyramiden des Alten Reiches gab es stets nur glatte Gangflächen. Die ausführlichen Konstruktionsvorschläge für die Große Galerie erscheinen daher zweifelhaft. Gleiches gilt für die Seilvorrichtung zum Auslösen der Blockier-Steine vom unteren Ende des aufsteigenden Ganges aus.

Das Kapitel schließt mit einem Vorschlag, dass vermutlich auch die Große Galerie nach der Haus-im-Haus-Bauweise errichtet sein könnte. Der dadurch im Giebeldach entstandene Hohlraum kann eventuell der Grund für einen mithilfe kosmischer

²³ Gundacker, R., Anmerkungen zum Bau der Pyramiden des Snofru, in: Sokar, Nr. 11 (2005), S. 16.

²⁴ Müller-Römer, F., Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten, München 2011, S. 78-79.

Strahlen (Myonen) vermutlich entdeckten mindestens 30 Meter langen Hohlraum in der Cheops-Pyramide sein.²⁵

Der Horizontale Gang und die Königinnenkammer werden in Kapitel 15 (S. 146-157) beschrieben. Die Abmessungen in dem Horizontalen Gang und in der Königinnenkammer selbst bestätigen eine Vielzahl von geraden Ellenmaßen. Dies lässt den Schluss zu, dass dem Bauwerk eine detaillierte Planung zugrunde gelegen hat. Die bauliche Ausführung des Horizontalen Gangs sowie der Königskammer und die verschiedenen Wand- und Bodenstrukturen werden anhand verschiedener Zeichnungen und Fotos eingehend erläutert. Unter Hinweis auf „handwerkliche Verstöße“ bei der inneren Verkleidung der Königinnenkammer vermutet Kerres auch an dieser Stelle einen Zugang zu dem vorgeschlagenen zentralen Schacht. Darüber hinaus bilde die Kragsteinnische an der östlichen Wand ein Portal zu einem Gang.

In Kapitel 16 (S. 158-166) – *Der Absteigende Gang und die Felsenkammer* – werden der heute in der Außenverkleidung der Pyramide nicht mehr vorhandene Eingang, der Absteigende Gang und die Felsenkammer anhand verschiedener Zeichnungen und Fotos genau beschrieben. Kerres befasst sich näher mit der gewaltigen Giebelkonstruktion des Eingangsbereiches und vertritt aufgrund einer genauen Analyse die Auffassung, dass diese zu einer nach innen offenen Konstruktion eines größeren Eingangsbereichs gehörte. Der Absteigende Gang wäre wahrscheinlich verschlossen, seine Lage aber erkennbar gewesen. Kerres vermutet weiterhin, dass die Abzweigung des Aufsteigenden Ganges vom Absteigenden Gang mit einer Steinplatte verschlossen gewesen sein könnte. Die Irreführung eventueller Grabräuber hinab in die Felsenkammer sei damit perfekt gelungen.

Eingehend werden auch die Bauweise und Funktion des sogenannten Fluchtschachts analysiert. Kerres kommt dabei zu dem Schluss, dass dieser nicht als Ausgang für die Arbeiter nach dem Herablassen der Blockier-Steine gedient haben kann. Seine Führung und die offensichtlich zugemauerte und im unteren Absteigenden Gang gelegene Stelle im gewachsenen Felsen sprächen dagegen. Er sei erst von den Grabräubern angelegt worden.

Der Teil III beinhaltet die von Kerres entwickelte Theorie zum Bau der Cheops-Pyramide. In Kapitel 17 (S. 170-183) – *Die Funktion* – werden die unterschiedlichen Funktionen der einzelnen Teile des Pyramidenkomplexes zu einem logisch nachvollziehbaren Gesamtbild zusammengefügt. Dabei stellt der Autor fest, dass der Horizontale Gang zur Königinnenkammer und diese selbst im Gegensatz zu den anderen Räumen und Gängen keine erkennbaren Funktionen hätten. Der Weg vom Totentempel bis in die Königskammer hat eine Länge von etwa 410 m. Dagegen verkürze sich ein hypothetisch angenommener Weg vom Totentempel direkt in Richtung Westen zur Königinnenkammer auf die Hälfte. Diese und der waagerechte Gang erhielten damit einen überzeugenden Sinn. Der Eingang sei durch einen 13 m tiefen Schacht im Hauptkultraum des Totentempels an der Ostseite der Pyramide verlaufen. Der Schacht mit der Abmessung von 5 m mal 5 m wurde wohl erst in saïtischer Zeit (26. Dynastie) gegraben.²⁶ Für eine derartige Annahme eines unterirdischen Eingangs von der Ostseite der Pyramide bis hin zur Königinnenkammer gibt es keinerlei archäologischen Hinweis. Auch bei der überwiegenden Zahl der anderen Totentempel der Pyramiden des Alten Reiches schlossen diese in der Opferhalle des Totentempels mit einer Scheintür

²⁵ Morishima, K., Kuno, M., u.a., Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons, in: nature, doc.10.1038/nature24647_AAP 2017.

²⁶ Wikipedia: Cheopspyramide, Abschnitt 4.1. <https://de.wikipedia.org/wiki/Cheops-Pyramide#Totentempel> (letzter Zugriff am 20.03.2020).

in Richtung Pyramide ab. Der mit vielen Zeichnungen illustrierte Vorschlag des Eingangs zur Königinnenkammer erscheint daher nicht realistisch.

Die Konstruktion der Pyramide wird in Kapitel 18 (S. 184-199) behandelt. Zu Beginn werden nochmals die Baustruktur und die Schalenbauweise der Meidum-Pyramide analysiert. Als Ergebnis wird ausgeführt, dass sich die Schalenkonstruktion wohl nicht über die gesamte Pyramidenhöhe erstreckt habe, sondern dass die einzelnen Stufen aus separaten Mastaba-ähnlichen Baukörpern mit mehreren Kammern – ähnlich den großen Mastaba-Bauten der 1. und 2. Dynastie – bestünden (Abb. 273). Diese seien mit kleinerem Steinmaterial, Schotter und Sand gefüllt gewesen. Dem entgegen stehen die Grabungen und Untersuchungen von Borchardt, wonach die Meidum-Pyramide als Schichtpyramide mit aneinander um einen inneren Kern schräg angefügten Schichten gebaut wurde.²⁷

Die Pyramiden im Alten Reich sind seit dem Bau der oberen Hälfte der Knickpyramide an den Außenseiten aus einzelnen horizontalen Steinlagen erbaut. Kerres legt nun dar, dass es statisch widersinnig wäre, das Prinzip der horizontalen Steinlagen im Inneren grundsätzlich zu ändern, und dass daher auch im Inneren von horizontal gemauerten Steinschichten ausgegangen werden müsste. Dem stehen allerdings archäologische Befunde entgegen: In der bis zu 8 m tiefen Bresche auf der Nordseite der Mykerinos-Pyramide sind leicht nach innen geneigte Stufen eines inneren Kernmauerwerks sichtbar.²⁸ Diese werden dann mit nach außen hin bis zur Verkleidung waagrecht verlegten Steinen aufgemauert. Der Raum innerhalb der quadratisch angeordneten Stufen ist mit unbehauenen Steinen, Gesteinssplittern sowie mit Lehm und Sand gefüllt.²⁹ Auch bei der Cheops-Pyramide führten Beobachtungen zu einem ähnlichen Ergebnis.³⁰

Ausgehend von der Überlegung einer Kammerbauweise in übereinander angeordneten Schichten entwirft Kerres ein horizontales und vertikales Raster für die Cheops-Pyramide (Abb. 280, 282 und 283). Die Abstände der Gürtelsteine von jeweils ca. 9 Ellen im aufsteigenden Gang bilden die Grundlage dafür. Der innere Baukörper der Pyramide setze sich demnach aus übereinander angeordneten Schichten zusammen, die jeweils aus einer entsprechenden Anzahl von Kammern mit einer Breite von 9 Ellen bestehen. Der bekannte Rücksprung von 14:11 führe zu einer Kammerhöhe von 11,4545 Ellen (6 m). Insgesamt ergeben sich somit 24 Stufen (zuzüglich der Höhe des Pyramidions von 5 Ellen). Die auf diese Abmessung unterteilten äußeren Schichten der Pyramide ergeben dann Höhen zwischen 5,53 m und 6,34 m.³¹ Dabei wird davon ausgegangen, dass beim Abschluss jeder Kammer stets zwei Steinlagen durchgehend verlegt sind. Der Vorschlag, dass die Pyramide in (Steinkammer-)Schichten gebaut sein könnte, deckt sich im Prinzip mit einem Bauvorschlag des Rezensenten aus dem Jahr 2011.³²

²⁷ Borchardt, L., Die Entstehung der Pyramide an der Baugeschichte der Pyramide bei Meidum nachgewiesen, Kairo 1928.

²⁸ Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte VI, Turin/Rapallo, 1965, Testo, S. 34ff. und S. 94ff. sowie Addenda Taf. 4, Fig. 2, Schnitt S-N.

²⁹ Müller-Römer, F., Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten, München 2011, Foto S. 193.

³⁰ Stadelmann, R. Die ägyptischen Pyramiden, Mainz 1997, S. 109; Vyse, H., Operations carried out on the Pyramids of Gizeh, Vol. I - III, London 1840-1842; Müller-Römer, F., Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten, München 2011, S. 174-178.

³¹ Alle Höhenangaben basieren auf Messungen von Goyon an der Nord-West-Ecke. Die Ergebnisse von Petrie (Petrie, W.M.F., The Pyramids and Temples of Gizeh, London 1883, Taf. VIII) für die Messungen an den Nord-Ost- und Süd-West-Ecken wurden nicht berücksichtigt.

³² Müller-Römer, F., Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten, München 2011, S. 355-412.

Am Schluss des Kapitels werden in Zeichnungen die Anordnungen des inneren Gang- und Kammersystems in den Kammerschichten sowie der angedachte vertikale Schacht dargestellt.

In Kapitel 19 (S. 200-205) *Die Form* der Pyramide werden die Maße nochmals eingehend betrachtet. Aufgrund der geometrischen Anordnungen und Proportionen 1:2 und $\sqrt{5}$ sowie der mehrfach auftauchenden Zahl 5 wird den Abmessungen der Königskammer eine besondere Stellung eingeräumt. Planungsänderungen während der Bauzeit habe es somit nicht gegeben. Die Königskammer sei der Ausgang- und Mittelpunkt aller planerischen Überlegungen und zugleich der Schlüssel zum gesamten Bauwerk.

Der Ablauf der Baustelle wird in Kapitel 20 (S. 208-223) betrachtet. Analysiert wird zuerst die bisher in der Ägyptologie vorherrschende Meinung, nach der bei einer Bauzeit der Cheops-Pyramide von ca. 20 Jahren durchschnittlich je Minute ein Steinblock verbaut werden müsse. In Wirklichkeit nimmt jedoch die Anzahl der täglich zu verbauenden Steine von einem Maximum in der untersten Etage hin zur Spitze ab. Die Materialanlieferung muss sich danach richten. Das Volumen des Gang- und Kammersystems liegt bei etwa 0,65% des Gesamtvolumens der Pyramide, während die Volumina des Kernmauerwerks 77%, des Felskerns 11% und des Mantels ebenfalls 11% betragen. Anschließend wird jeweils ein Vorschlag für ein möglichst effizientes Arbeiten in der Fläche einer Schicht und für das Mauern im Detail beschrieben und die ständige messtechnische Kontrolle der Seitenneigung erläutert. Dabei wird die Neigung entlang einer bereits geglätteten Steinkante der äußeren Verkleidungsschicht gemessen (Abb. 311). Aufgrund der Untersuchungen z.B. an der Pyramide des Mykerinos ist bekannt, dass die Bossen der Steine an der Außenfläche während des Baus stehen gelassen wurden; die Glättung erfolgte anschließend von oben nach unten.³³

Im Folgenden berechnet Kerres die Bauzeit für eine der 24 Schichten. Unter Berücksichtigung aller Arbeiten ergäben sich dafür sechs Monate. Die Arbeiten an den Gängen und Kammern müssten wegen des teilweise sehr hohen Gewichts der Bauteile separat betrachtet werden. Gleiches gelte für die Abschätzung des Transports der Bauteile zum Platz der Verbauung. Eine Betrachtung aller Arbeiten führt dann zu einer durchschnittlichen Bauzeit der Schichten 1-12 von je einem Jahr. Für die Schichten 13-21 werden durchschnittlich drei bis viereinhalb Jahre als Bauzeit angesetzt. Einer besonderen Betrachtung unterliegen die Bauzeiten für die Schichten 22-24 sowie für das Aufsetzen des Pyramidions.

Für den Transport der Steinblöcke zu den oberen Schichten wird ein großflächiges Baugerüst um die Pyramidenflanken herum für unabdingbar gehalten. Nur ein derartiges Gerüst erlaube das Lagern von Steinmaterial, ein ungehindertes Arbeiten an den Fassaden und die abschließende Glättung sowie das Schleifen der Außenflächen. Es erscheint allerdings nur schwer vorstellbar, dass ein Holzgerüst über die gesamte Höhe einer Seitenfläche mit einer Abmessung von 186 m mit sicherem Halt gebaut werden konnte, wenn dafür lediglich die Unebenheiten der äußeren Verkleidungssteine (Bossen) zur Verfügung standen. Vertiefungen zur Befestigung eines Baugerüsts sind im erhaltenen Verkleidungsmauerwerk an der Spitze der Chefren-Pyramide nicht festgestellt worden. Kerres macht zu dem Gerüst auch keinerlei nähere Angaben, wodurch es auch argumentativ zu einer der Schwachstellen seines Bauvorschlages wird. Dass eine Art Umbauung eingesetzt werden musste, ist unstrittig, wie ein Verweis auf einen Lösungsvorschlag des Rezensenten zeigt.³⁴

³³ Stadelmann, R., *Die großen Pyramiden von Giza*, Graz 1990, S. 269ff.

³⁴ Müller-Römer, F., *Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten*, München 2011, S. 357.

Unter Berücksichtigung aller Arbeiten für den Bau der Pyramide (ohne Arbeiten im Steinbruch und ohne Transport des Steinmaterials) und für die Oberflächenbearbeitung der Außenflächen ergibt sich eine Gesamtbauzeit von etwa 20,5 Jahren. Die für einen fortwährenden Bau bei 12 Arbeitsstunden am Tag pro Minute erforderliche Zeit für den Transport von zwei Steinen sei nur in den unteren Etagen ein ernsthaftes Problem; in den oberen Etagen spiele sie keine Rolle mehr, was in Kapitel 22 näher erläutert wird.

Das Problem der schweren Lasten wird in Kapitel 21 (S. 224-240) behandelt. Zu Beginn werden der Transport von Steinen über Holzrollen und die dafür benötigten Kräfte bei Bewegung in der Ebene und auf einer Steigung skizziert. Im Anschluss daran werden verschiedene der bis 2010 veröffentlichten Rampentheorien erläutert.³⁵ Allen ist gemeinsam, dass die Vollendung der Pyramide (Aufsetzen des Pyramidions und Glättung der Außenfläche) nicht geklärt ist. Weiterhin werden die physikalischen Grundlagen wie Reibung und notwendige Zugleistung bei unterschiedlichen Neigungswinkeln erläutert. Einen weiteren Teil des Kapitels nehmen die Stufentheorien ein, denen verschiedenartige Hebeeinrichtungen zugrunde liegen. Die diesen Vorschlägen anhaftenden bautechnischen Nachteile bzw. Unmöglichkeiten werden dargelegt. Dies gilt insbesondere für die Verkleidungen der Kammern und Gänge sowie für die Granitbalken der Entlastungskammern. Das dem damaligen Stand der Bautechnik entsprechende Hochhebeln größerer Bauteile³⁶ von einer Ebene auf die nächste wird nicht erwähnt. Abschließend werden die sogenannten Wassertheorien erläutert. Ausgehend von einem Transport großer Steine mittels Schiffen werden verschiedene Ideen für Hebewerke erwähnt. Alle Theorien taugen nach Kerres nicht zum Bau der Cheops-Pyramide und insbesondere nicht für die Verwendung der schweren Steine.

Interessant ist eine Analyse der Verwendung von Steinen unterschiedlicher Größe (Abb. 352). Kerres folgert daraus, dass es eine Abwägungsfrage zwischen der Verwendung kleiner Steine mit einem größeren Bearbeitungsaufwand im oberen Bereich der Pyramide und einfacher herzustellender Steine im unteren Bereich mit dem Ziel einer Minimierung des Gesamtaufwandes war. Daraus lasse sich der Schluss ziehen, dass der Transport großer Steine im Alten Ägypten nicht so problematisch gewesen sei, wie er sich heute darstellt. Wenn ca. 20.000 Steine mit einem Gewicht von 10 t in den ersten fünf Steinlagen und in der 35. Steinlage verbaut worden seien, so sei es auch möglich gewesen, mehrere Steine kleineren Gewichts in einem Vorgang zu befördern. In 90 m Höhe sind noch Steinblöcke von bis zu fünf Tonnen verarbeitet worden. Das sei ein Beweis, dass der Transport in die Höhe kein vorrangiges Problem gewesen sein könne, sonst hätte man kleinere Steine verwendet.

Eine besondere Bedeutung käme dem Transport und dem Aufsetzen des Pyramidions zu. Nach den Überlegungen von Kerres hatte es Abmessungen von 4,11 m (Länge der Basis) und 2,62 m (Höhe) und damit ein Gewicht von ca. 40 t (Abb. 285).³⁷ An einem erfolgreichen Aufsetzen des Pyramidions müsste sich jede Theorie zum Pyramidenbau messen lassen.

³⁵ Die im Jahr 2011 vom Rezensenten veröffentlichte Theorie mit tangential an den vier Seiten angeordneten kleinen Rampen wurde nicht mit in die Betrachtungen einbezogen; siehe Müller-Römer, F., *Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten*, München 2011, S. 355 ff.

³⁶ Siehe auch Wirsching, A., *Wie die Memnonskolosse transportiert und aufgerichtet wurden*, in: *Göttinger Miscellen* 233 (2012), S. 99ff.

³⁷ Die gefundenen Pyramidien des Alten und Mittleren Reiches sowie die oberste Schicht der Chefren-Pyramide, auf welche dann das Pyramidion aufgesetzt wurde, haben alle wesentlich kleinere Abmessungen (ca. 1,5 bis 1,9 m Basislänge) und Gewichte um die 5 t.

Im Kapitel 22 (S. 241-265) – *Der Transport der Steinblöcke* – werden zu Beginn Ausführungen zu den oft unterschätzten Fähigkeiten der damaligen Baumeister gemacht und auf die Genauigkeiten der Vermessung der Basislängen und deren Ausrichtungen zu den Himmelsrichtungen sowie auf den Einsatz von Seilen im Schiffsbau hingewiesen. Anhand des Einsatzes großer, moderner Baukräne wird gezeigt, dass der Bau der Cheops-Pyramide heute technisch grundsätzlich möglich ist. Das Problem bestehe in der großen Auslage eines Kranes bedingt durch die Neigung der Außenfläche der Pyramide.

Dagegen lassen sich Lasten in senkrechter Richtung an Seilen hängend wesentlich effektiver in eine größere Höhe bewegen. Unter Hinweis auf das Prinzip des Fahrstuhls entwirft Kerres das Modell eines Wechsellaufzugs: Zwei Kabinen sind mit Seilen über Umlenkrollen so miteinander verbunden, dass sich eine Kabine oben und die andere unten befindet. Wird in die untere ein Stein eingebracht, so kann dieser durch eine Anzahl von Arbeitern in der anderen Kabine nach oben gehoben werden (Abb. 367). Ausgehend von diesen Überlegungen wird nun vorgeschlagen, auf der Ost-West-Achse der Pyramide neben dem Zentralschacht in westlicher Richtung zwei Aufzugsschächte anzunehmen. Zum Auf- und Abstieg der Mannschaften könne die Treppenanlage im Zentralschacht genutzt werden.

Unter Hinweis auf die Erzählung des Herodot über den Bau der Pyramiden in Gise³⁸ – über 2000 Jahre nach der Regentschaft des Cheops – vermutet Kerres einen unterirdischen Kanal, der vom Nil ausgehend bis unter die Mitte der Pyramide geführt habe (Abb. 373). Über diesen seien die Steine mittels Booten zum Fuß des bis dahin nach unten weitergeführten Wechsellaufzugs gebracht worden. Dort habe sich eine Höhle mit einer Insel befunden. Diese Annahme würde auch die Wahl des Standortes der Cheops-Pyramide erklären, der eigentlich zu weit am nordöstlichen Rand des Plateaus und nicht in einer das Plateau beherrschenden Lage wie die Chefren-Pyramide liege. In Abb. 376 werden die Anordnung und Funktionsweise des Wechsellaufzugs zum Steintransport im Einzelnen beschrieben. Die Art der Beladung der Boote mit einer auf Deck angeordneten Steinlast von 30 t erscheint wegen der Gefahr eines Kenterns nicht realistisch zu sein. Große Lasten wie Säulen, Architrave, Obelisken etc. wurden seinerzeit zwischen zwei Katamaranen aufgehängt transportiert. Das führte auch zu einer Verringerung des Gesamtgewichts.³⁹ Bei dieser Bezugnahme auf Buch II Kapitel 124 der Herodot-Erzählung werden die Ausführungen in Kapitel 125 nicht berücksichtigt. Dort wird der Bau der Cheops-Pyramide so erzählt, dass die Pyramide Stufe für Stufe errichtet wurde.

Anschließend werden Darstellungen der Konstruktion und Arbeitsweise des Wechsellaufzugs im Detail und bei dem Abladevorgang eines Steinpakets von 30 t aufgezeigt. Es erscheint jedoch sehr zweifelhaft, ob die gezeigte Konstruktion der als Räder ausgeführten Umlenkrollen aus Holz dem Stand der damaligen Bautechnik entspricht. Archäologisch belegt ist im Alten Reich nur eine Umlenkeinrichtung aus Stein.⁴⁰ Eine hölzerne Seilrolle aus einem Grab in Lischt-Nord wird in die 19./20. Dynastie datiert.⁴¹ Kerres weist selbst auf einen Fund aus dem Neuen Reich hin. Eine Berechnung der Zugfestigkeit der Seile und ihres Eigengewichts wurde nicht vorgenommen.

³⁸ Herodot, II, 124 u. 125.

³⁹ Wirsching, A., Obelisken transportieren und aufrichten, Norderstedt 2007, S. 28ff.

⁴⁰ Reisner, G. A., The Temples of the Third Pyramid at Giza, Cambridge 1932, S. 276 und Taf. A.

⁴¹ Arnold, D., Building in Egypt, Oxford 1991, S.71, Fig. 3.17.

Des Weiteren wird der Einsatz des Aufzugs im Bauverlauf der Pyramide beschrieben. Die Berechnung der Zeiten für die Transportleistung erfolgt unter verschiedenen Annahmen und ergibt eine Transportgeschwindigkeit von 1,7 Steinblöcken (2,5 t) je Minute. Die Annahmen erscheinen zu optimistisch. Die Steinblöcke aus dem Hauptsteinbruch südöstlich der Cheops-Pyramide seien hangabwärts zum Kanal transportiert und dort verladen worden. Wie die Granitbalken der Entlastungskammern mit Längen von ca. 8 m und Gewichten von bis zu 60 t transportiert werden konnten, wird nicht beschrieben.

Der Vorschlag für das Aufsetzen des Pyramidions wird in einzelnen Schritten gezeigt. Dafür müssen die Aufzüge verlängert und oberhalb der Schicht 24 ein weiteres Gerüst gebaut werden, welches dem Gewicht von ca. 40 t standhalten muss. Das Pyramidion wird danach zur Seite geschoben und aufgesetzt. Anschließend beginnt das Glätten der Bossen der Außenfläche von oben nach unten bei gleichzeitigem Abbau der Gerüste und Vermauern der Öffnungen der beiden Aufzüge. Dafür werden insgesamt ca. zwei Jahre angesetzt.

In Kapitel 23 (S. 266-280) – *Die Beisetzung des Pharao* – beschreibt Kerres die Anlage der Gräberfelder östlich und westlich der Cheops-Pyramide. Die Gräber (Mastabas) auf dem Ostfriedhof für die Mitglieder der Königsfamilie sind auf engem Raum zwischen Pyramide und Ostabhang angeordnet, während die Beamtengräber auf dem Westfriedhof weiträumiger verteilt sind. Die für den Bau der Pyramide über dem unterirdischen See erforderliche Randlage am Plateau sei der Grund dafür. Im Anschluss wird eine Rekonstruktion des ursprünglichen Pyramidenkomplexes vorgelegt. Anmerkungen zur Fertigstellung der Innenräume der Pyramide und zum möglichen Ablauf der Totenfeier sowie zum Verschluss der Königskammer mit den Fallsteinen, der Königinnenkammer und der Steinblockierung in der Großen Galerie folgen. Der absteigende Gang sei anschließend mit Schutt verfüllt worden. Kapitel 24 (S. 281-290) enthält eine *Zusammenfassung* der Theorie zum Bau der Cheops-Pyramide: Funktion des inneren Gang- und Kammersystem mit dem Aufzug, die Konstruktion mittels Kammerbauweise, die Beschreibung der Form der Pyramide und den Bauprozess.

Mit einem Ausblick schließt Kerres seine Zusammenfassung und bedauert, dass bis heute auch mittels modernster Methoden keine Untersuchungen über die innere Beschaffenheit der Pyramide ohne gravierende Eingriffe in die Baustruktur möglich seien. Die Anhänge umfassen die *Verweise* (S. 293-294) und den *Bildnachweis* (S. 295).

Bernhard Kerres bietet mit seinem Buch eine Vielzahl von Analysen bautechnischer Einzelheiten sowie deren Ergebnisse und darüber hinaus Beschreibungen von Materialien sowie deren Eigenschaften, die für den Bau der Cheops-Pyramide und der Pyramiden im Alten Reich allgemein von Bedeutung waren. Die Betrachtung und Untersuchung der Aspekte von Funktion, Konstruktion und Form der Pyramide aus dem Blickwinkel eines Architekten und Baufachmanns führen zu einer gewinnbringenden, neuen Sichtweise. Auch die detaillierte Darstellung der inneren Gang- und Kammer-systeme der Pyramide beinhaltet interessante Fragestellungen und neue Erkenntnisse.

Jedoch erscheinen verschiedene Annahmen und die Theorie zum Bau der Cheops-Pyramide aus unterschiedlichen Gründen – wie in der Rezension ausführlich dargelegt – mehr als fraglich zu sein. Dies liegt vor allem daran, dass archäologische Befunde nur in Ansätzen berücksichtigt werden. Kerres unterlässt einen notwendigen Vergleich seines Bauvorschlages mit der Bauweise der anderen beiden Pyramiden in Gise. Er konstruiert eine Singularität in der Bautechnik. Darin liegt die grundsätzliche Schwachstelle seiner Theorie. Ebenso fehlt eine vergleichende Betrachtung der Baustrukturen der Pyramiden nach Mykerinos bis zum Ende der 6. Dynastie.

Bedauerlich ist auch, dass zu wichtigen Aussagen oft keine Quellenangaben gemacht wurden, was den wissenschaftlichen Gebrauch des Buches mindert. Auch ein bibliographisches Verzeichnis fehlt. Wichtige wissenschaftliche Veröffentlichungen⁴² werden nicht erwähnt und führen dann teilweise zu unrichtigen Annahmen.

Abschließend vertritt der Rezensent die Auffassung, dass das Buch von Bernhard Kerres trotz der genannten Schwachstellen für die Ägyptologie ein Zugewinn ist. Die aufwendige Ausgestaltung mit vielen Zeichnungen und Tabellen sowie mit Fotos macht es zu einem interessanten Werk für Ägyptologen, die sich mit dem Pyramidenbau im Alten Ägypten befassen.

Kontakt zum Rezensenten:

Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. Frank Müller-Römer
Tannenstraße 26
85579 Neubiberg
E-Mail: frank-mueller-roemer@t-online.de

⁴² Arnold, D., *Building in Egypt*, Oxford 1991; Lauer, J.-Ph., *Das Geheimnis der Pyramiden – Baukunst und Technik*, München 1980; Isler, M., *Sticks, Stones, & Shadows – Building the Egyptian Pyramids*, Oklahoma 2001; Goyon, J.-C., *La Construction Pharaonique*, Paris 2004; Müller-Römer, F. *Der Bau der Pyramiden im Alten Ägypten*, München 2011; Maragioglio, V. und Rinaldi, C. A., *L'Architettura delle Piramidi Menfite, Parte V-VII*, Turin/Rapallo 1965; Stadelmann, R., *Die ägyptischen Pyramiden*, Mainz 1997; Stocks, D. A., *Experiments in Egyptian Archaeology*, New York 2010; Unterberger, E., *Die Tricks der Pyramidenbauer. Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden*, Innsbruck 2008; Winkler, R., *Logistik des Pyramiden-Baues*, Univ. Diss. Stuttgart 2002; Verner, M., *Die Pyramiden*, Reinbeck 1998; Wirsching, A., *Obelisk transportieren und aufrichten*, Norderstedt 2007.