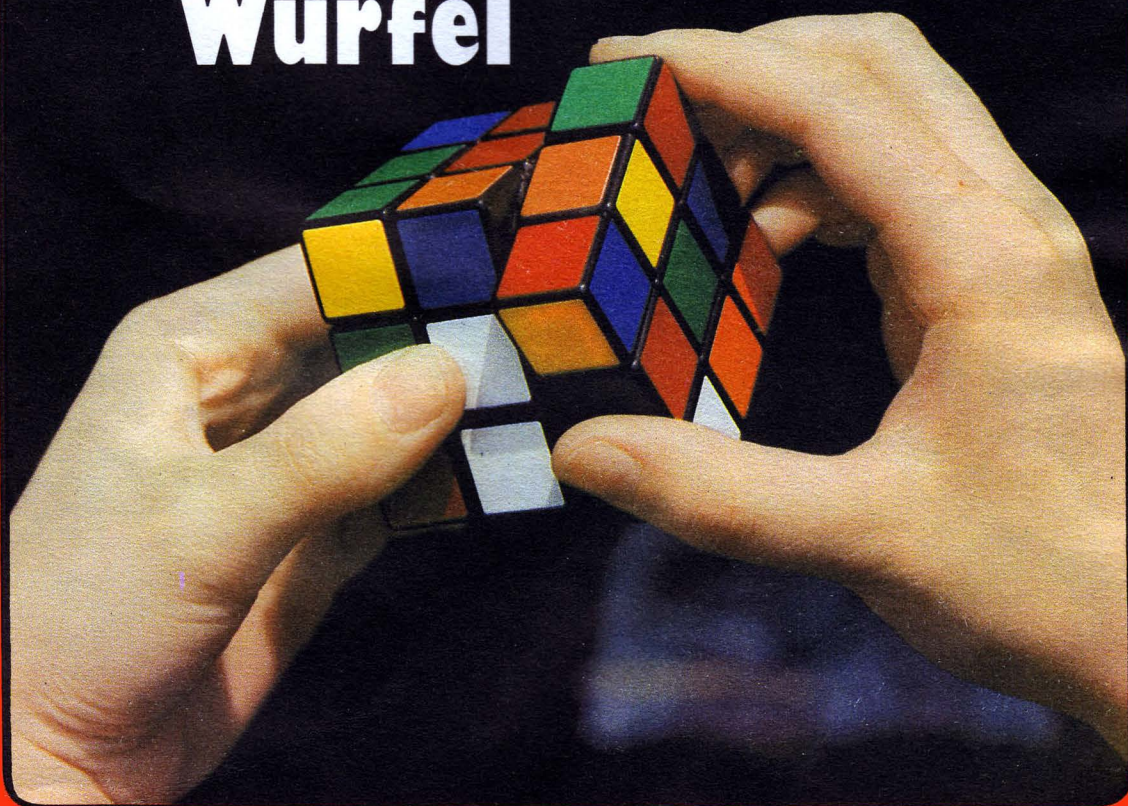


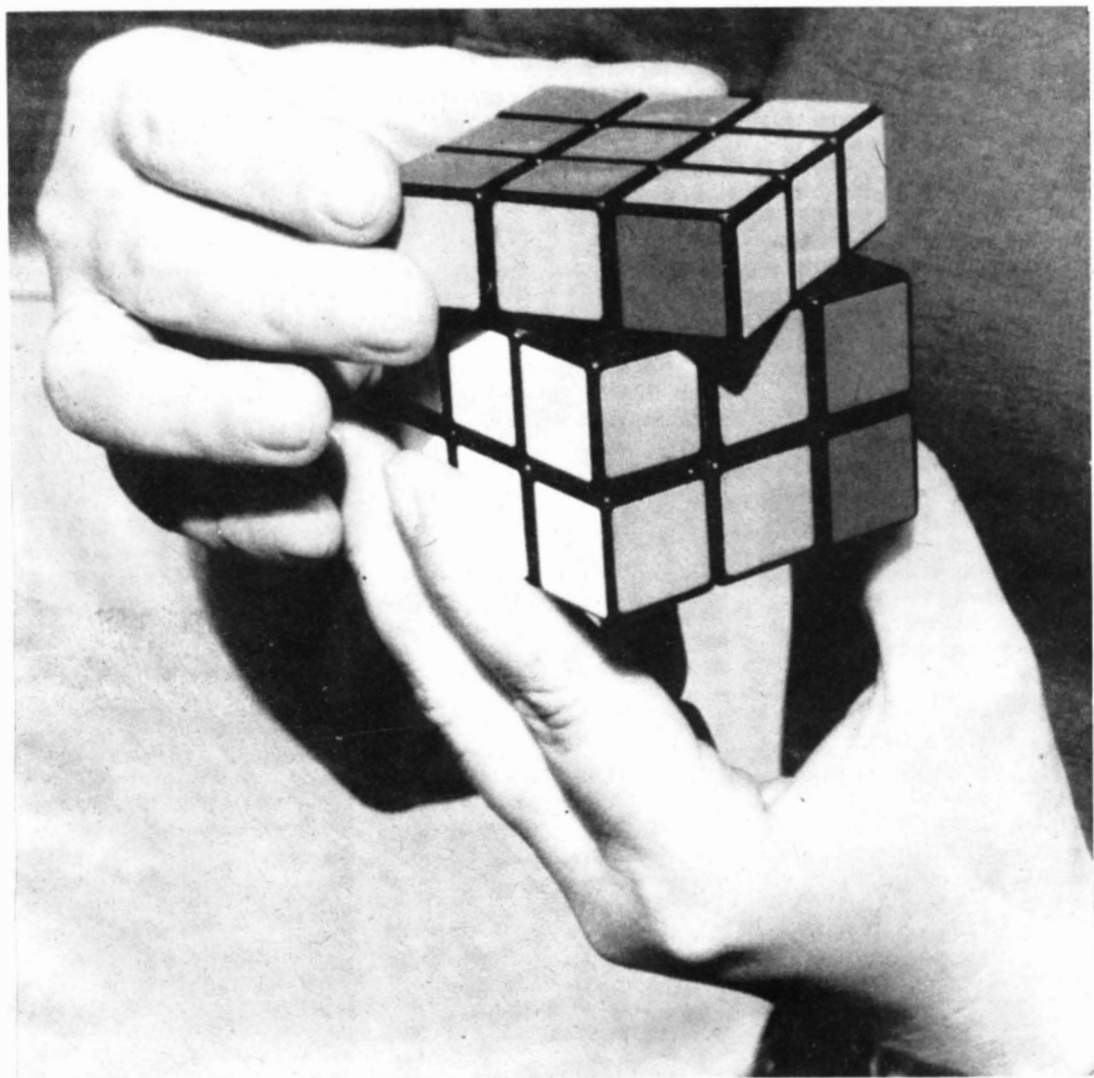
practic 3|81

Preis 1,— M

**Laubsägemaschine
Drachen und Mini-Hubschrauber
Universeller Taschen-Werkzeugsatz**

Magischer Würfel





.. Magischer
WÜRFEL
selbst gebaut

Den von dem Professor an der Budapester Hochschule für angewandte Kunst, Ernő Rubik, entwickelten „bűvös kocka“ (mit magischer Würfel oder Zauberwürfel zu übersetzen) kennen sicherlich viele unserer Leser. Nicht wenige werden schon selbst versucht haben, den aus 26 farbigen Würfeln zusammengesetzten Kubus durch zahlreiche Drehungen der in drei Dimensionen verstellbaren Ebenen wieder zu ordnen, nachdem die kleinen Farbflächen durch wenige Drehungen der Ebenen nahezu chaotisch durcheinandergeraten sind. Irgendwer hat ausgerechnet, daß es mehr als 43 Trillionen mögliche Kombinationen der kleinen Farbflächen gibt.

Die Farben sind aber wieder zu ordnen, wenn man weiß, welche Drehungen auszuführen sind, um einen bestimmten Teilwürfel in der richtigen Lage an der richtigen Stelle des gesamten Kubus einzuordnen. Dabei gibt es keine Zauberei, alles hat mit geometrischer Logik zu tun. Und das war auch für Ernő Rubik eigentlich der Anlaß, diesen Kubus zu konstruieren. Er wollte seinen Studenten etwas in die Hand geben, womit sie ihr räumliches Vorstellungsvermögen trainieren können.

Inzwischen gibt es aber schon mehrere Millionen dieser Magischen Würfel, die zu einem in aller Welt begehrten ungarischen Exportartikel geworden sind.

In Ungarn selbst gibt es schon viele Wettbewerbe, bei denen es darauf ankommt, den Würfel in kürzester Zeit zu ordnen. Demnächst sollen sogar Weltmeisterschaften ausgetragen werden.

Dieser Würfel hat etwas Faszinierendes an sich, und wenn man einmal versucht hat, mit diesem Ding fertig zu werden, läßt es einen so schnell nicht wieder los.

Wir sind sicher, daß wir dem Interesse zahlloser Leser entsprechen, wenn wir zeigen, wie man sich einen solchen Magischen Würfel selbst bauen kann. So, wie es hier gezeigt wird, ist es auch in der Heimwerker-Werkstatt zu

machen. Es gibt lediglich eine unabdingbare Voraussetzung dafür, daß später alles gut funktioniert: Man muß absolut exakt arbeiten, was die Maßhaltigkeit betrifft und sauber in bezug auf die Oberflächengüte der Einzelteile.

Die 26 Teilwürfel und der 27. Zentrumswürfel, an dem alle Drehebene befestigt werden, sind nach den Maßen in **Bild 1** aus feinem Buchenholz ganz genau zu arbeiten. Die hierbei geübte Sorgfalt entscheidet wesentlich über das Funktionieren des Würfels.

Bild 2 zeigt den Kubus und den Sitz der in den **Bildern 3 bis 5** dargestellten, in angegebener Anzahl benötigten drei Würfelrahmen. Wenn die dargestellten Eckstücke, Kantenstücke und Mittelstücke auch zunächst etwas kompliziert aussehen mögen, so ist ihre Herstellung nicht gar zu schwierig.

Das Prinzip der Ebenenverstellung besteht darin, daß alle äußeren Ebenen der drei Dimensionen mit den aufgesetzten Ringteilen in der eingeschnittenen Nut der inneren Ebenen laufen. Die am Zentrumswürfel drehbar befestigten Mittelstücke halten dabei die Kantenstücke zusammen und diese wiederum die Eckstücke.

Beschäftigen wir uns zunächst mit den 5 mm tief zu nutenden Teilen. Die gestrichelten Linien in **Bild 2** deuten an, in welchen Ebenen Nute einzubringen sind. Dazu bauen wir uns die in **Bild 7** gezeigte Vorrichtung. Das Innenmaß der Lehre beträgt genau 60 × 60 mm. Die Würfel müssen darin fest einzusetzen sein, dürfen aber nicht so stramm klemmen, daß sie nicht wieder herauszubekommen sind.

Der schraffierte Mittelwürfel dient mit dem Loch in der Mitte als Führung für die Spitze der Lochkreissäge, mit der die Schnitte für die Nute ausgeführt werden sollen. (Man kann die Nute auch mit einem Kreisschneider einbringen oder auf der Drechselbank. Wer die Möglichkeit dazu hat, der wird es vielleicht besser so machen. Die Lochkreissäge ist aber wohl allgemein am ehesten verfügbar;

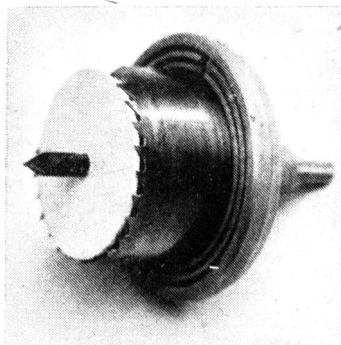
deshalb wollen wir diese Technologie beschreiben.)

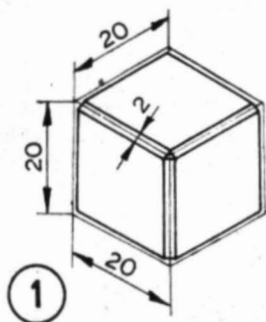
Diesen Führungswürfel kann man aus Metall herstellen. Wir haben den Würfel aus Gießharz gefertigt. **Bild 6** zeigt die dazu erforderliche Gießform. Der Rundstab in der Mitte ($\varnothing$ 6 mm) ist genau zentrisch und senkrecht in das Bodenbrett eingesetzt. Die Innenmaße der Form betragen ebenfalls 20 × 20 × 20 mm. Die Form muß innen ganz sauber geschliffen sein und vor dem Gießen eingefettet werden (Bohnerwachs o. ä.).

Dieser Führungswürfel wird zum Zentrieren beim Nuten der sechs markierten Ebenen verwendet. Auf dem Foto (Seite 103) ist das Schneiden mit der Lochkreissäge gezeigt.

Das Außenmaß der Nut muß exakt eingehalten werden und der Schnitt sehr sauber sein. Die Nutbreite soll mindestens 5,5 mm betragen, etwas mehr nach innen schadet nichts. Das Innenmaß der Nut wird durch einen zweiten Schnitt mit einem kleineren Kreissägeblatt bestimmt. Das zwischen beiden Schnitten stehende Material muß sauber ausgestochen werden. Die Tiefe der Nut muß an allen Stellen 5 mm betragen.

Noch ein Wort zur Lochkreissäge: Die Sägeblätter müssen eingeschränkt werden, damit der Schnitt sauber wird. Auch ist es erforderlich, die Sägeblätter genau rund zu biegen. Wir haben das mit Hilfe einer Lehre gemacht (**Bild unten**).



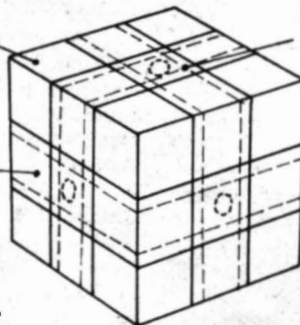


1

ECKSTÜCK
dreifarbig

KANTENSTÜCK
zweifarbzig

MITTELSTÜCK
einfarbig



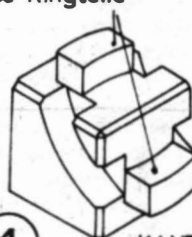
2

aufgesetzte Ringteile



3

ECKSTÜCK
8x



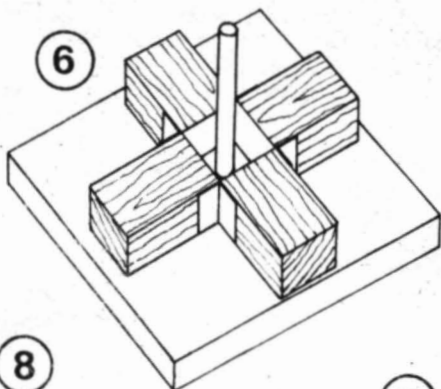
4

KANTENSTÜCK
12x



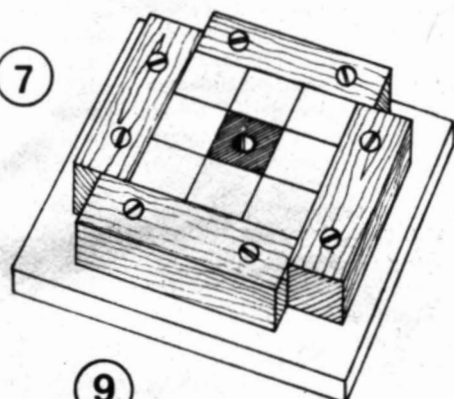
5

MITTELSTÜCK
6x

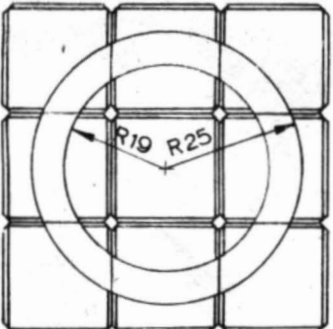


6

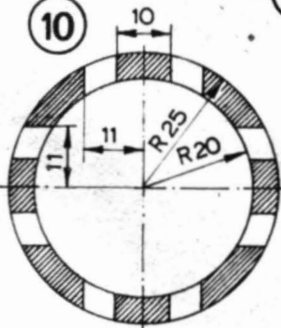
7



8



10



9

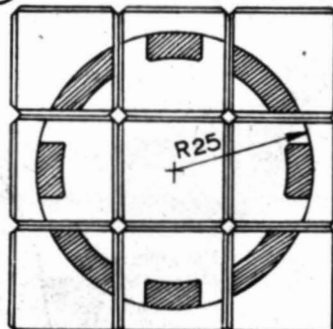




Bild 8 zeigt die Ansicht einer Ebene mit eingebrachter Nut. Sind alle entsprechenden Ebenen genutzt, dann sind die Mittelstücke in der in **Bild 5** gezeigten Form entstanden und die Kantenstücke (**Bild 4**) mit der Nut an beiden Seiten versehen.

Jetzt sind nach **Bild 10** aus 5 mm dickem Sperrholz sechs Ringe anzufertigen, die schraffierten Teile herauszutrennen und nach **Bild 9** sauber und exakt auf die Eck- und Kantenstücke zu kleben. Dazu Duosan oder PVAC-Kleber benutzen und jede Klebung vor der Weiterarbeit gut trocknen lassen.

Danach sehen Eck- und Kantenstücke so aus, wie es in **Bild 3** und **4** gezeigt ist. Alle Kanten und Ecken der aufgesetzten Ringteile sind sorgfältig überzuschleifen und leicht abzurunden. Die Mittelstücke sind genau zentrisch zu durchbohren ($\varnothing$ 2 mm) und dann noch mit 5 mm Durchmesser 15 mm tief zu senken. Der Zentrumswürfel ist an allen Seiten zentrisch vorzubohren.

Alle Würfel sind nun mit Ausnahme der Nute und der aufgesetzten Teile mit schwarzer Ausziehtusche einzufärben. Günstig ist es, nach dem Trocknen alle Gleitflächen mit einer hauchdünnen Wachsschicht zu überziehen und leicht zu polieren.

Nun kann der Probezusammenbau erfolgen. Dazu erst eine Außenebene zusammensetzen, dann eine Mittelebene und diese auf die erste Ebene aufsetzen. Es folgt die zweite Außenebene.

Jetzt werden alle Mittelstücke mit 2-mm-Senkkopfschrauben am Zentrumswürfel befestigt. Die Schrauben sind gefühlvoll so anzuziehen, daß die Ebenen drehbar bleiben.

Lassen sich alle Ebenen mühelos verstellen, ist alles in Ordnung. Anderenfalls muß man den Kubus noch einmal auseinandernehmen und die Hemmstellen nachschleifen.

Der funktionsfähige Würfel ist schließlich noch mit den Farbflächen zu versehen. Man kann die Farben mit dem Pinsel aufbringen

oder farbiges Papier mit farblosem Nitrolack überziehen und nach dem Trocknen in 17×17 mm große Quadrate schneiden, die auf die Teilwürfel aufzukleben sind.

Die Farben sind folgendermaßen anzuordnen:

Oberseite – weiß
Vorderseite – blau
Unterseite – gelb
Rückseite – grün
rechts – orange
links – rot

Damit ist unser Magischer Würfel fertig.

Wenn man jetzt einige Ebenen verdreht, entsteht schnell ein farbiges Durcheinander, dessen Sortierung Leute mit schwachen Nerven „an den Rand der Verzweiflung“ treiben kann. Deshalb zeigen wir anschließend, wie man die Farbflächen wieder ordnen kann. „Experten“ schaffen das mit wesentlich weniger Zügen und in viel kürzerer Zeit. Die hier beschriebene Methode führt aber auf jeden Fall zum Ziel (wenn man unterwegs nicht eine unbedachte Drehung macht).



Lösungsweg zur Ordnung

Das Lösungsbeispiel wurde so gewählt, daß die Übersichtlichkeit jederzeit möglichst erhalten bleibt. Deshalb werden die Ebenen des Würfels nacheinander von oben nach unten geordnet. Die schon richtig stehenden Würfel kehren dabei nach jeder Operation in ihre Ausgangslage zurück.

Bezugspunkte des Würfels sind immer die sechs einfarbigen Mittelstücke. Diese verändern ihre Lage zueinander nicht und geben somit die für die jeweilige Fläche aufzubauende Farbe an. Alle anderen Kanten- und Eckstücke hingegen lassen sich vertauschen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit muß der Würfel bei jeder Operation in der gleichen Lage gehalten werden. In unserem Beispiel zunächst immer so, daß weiß oben und blau vorn liegt. Wo diese Regel nicht zutrifft, wird das im Lösungsbeispiel gesondert angegeben.

Die verwendeten Symbole für die Drehbewegungen (Darstellung 1) gehen immer von der Vorderseite des Würfels aus und stellen jeweils eine Vierteldrehung dar. Haben wir uns mit der Symbolik



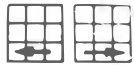
Vorderseite nach links bzw. rechts drehen



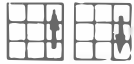
Obere Ebene nach links bzw. rechts drehen



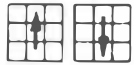
Mitteebene nach links bzw. rechts drehen



Untere Ebene nach links bzw. rechts drehen



Rechte Ebene nach oben bzw. unten drehen



Mitteebene nach oben bzw. unten drehen

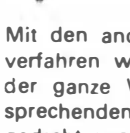
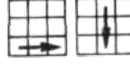
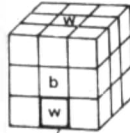
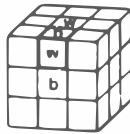
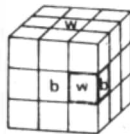
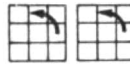
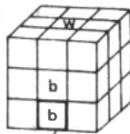
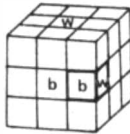


Linke Ebene nach oben bzw. unten drehen

vertraut gemacht, können wir mit dem Einordnen beginnen.

Aufbau der oberen Ebene

Wir drehen den gesamten Würfel so, daß das weiße Mittelstück oben und das blaue vorn liegt. Dann den Kantenwürfel blau/weiß nach vorn drehen. Steht er nicht zufällig richtig, kann man ihn mit einem der in Darstellung 2 gezeigten Züge in die richtige Lage bringen.

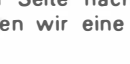
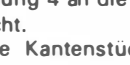
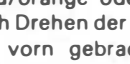
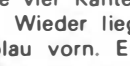
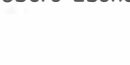
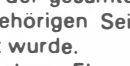
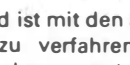
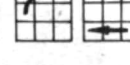
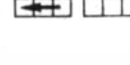
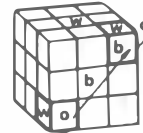


Mit den anderen Kantenstücken verfahren wir ebenso, nachdem der ganze Würfel mit der entsprechenden Farbe nach vorn gedreht wurde.

Sind alle Kantenstücke der oberen Ebene eingeordnet, ist auf der Oberseite ein weißes Kreuz entstanden und die Seitenfarben

stimmen mit den Mittelstücken der Seitenflächen überein.

Als nächstes sind die vier Eckstücke einzuordnen. Weiß ist wieder oben und blau vorn. Ein Eckstück mit weißer Fläche (hier blau/weiß/orange) soll nach rechts oben an seinen Platz gebracht werden. Dazu wird es zunächst nach links unten gedreht und nach Darstellung 3 eingeordnet.



Entsprechend ist mit den anderen Eckstücken zu verfahren, nachdem jeweils der gesamte Würfel mit der zugehörigen Seite nach vorn gedreht wurde.

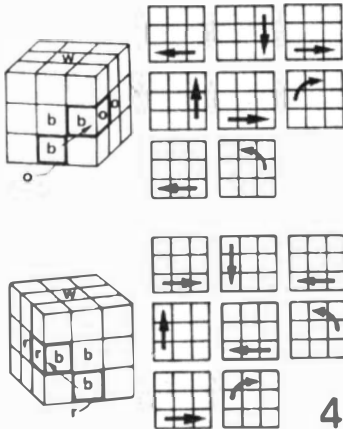
Nun ist die obere Ebene richtig sortiert.

Aufbau der mittleren Ebene

Hier sind die vier Kantenstücke einzuordnen. Wieder liegt weiß oben und blau vorn. Ein Kantenstück blau/orange oder blau/rot wird durch Drehen der unteren Ebene nach vorn gebracht und nach Darstellung 4 an die richtige Stelle gebracht.

Sollten beide Kantenstücke mit ihrer blauen Seite nach unten zeigen, wählen wir eine andere

des Magischen Würfels

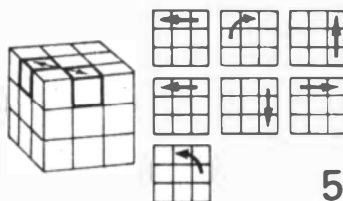


Seitenfläche für diese Operation. Es kann aber auch vorkommen, daß alle gesuchten Kantenstücke schon in der mittleren Ebene sind, aber verdreht oder an falscher Stelle stehen. Dann müssen sie mit den gezeigten Zügen zunächst nach unten transportiert und eingeordnet werden.

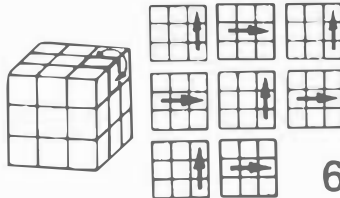
Aufbau der unteren Ebene

Hierzu drehen wir den Würfel um, so daß die weiße Fläche nach unten zeigt und die gelbe Fläche nach oben. Zunächst sind wieder die Kantenstücke einzuordnen. Die jetzt obere Ebene ist so zu drehen, daß ein Kantenstück zur farbig passenden Seite zeigt. Dabei ist es gleichgültig, ob gelb schon oben liegt. Befinden sich die anderen Kantenstücke noch nicht an ihrem Platz, sind sie nach Darstellung 5 auszutauschen.

Jetzt müssen diese Kantenwürfel eventuell noch gedreht werden.

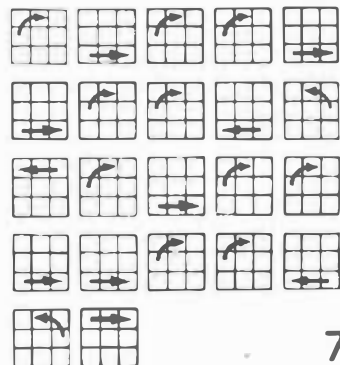


Dazu wird der gesamte Würfel so gehalten, daß das erste zu drehende Kantenstück rechts oben liegt. Es folgen die in Darstellung 6 gezeigten Züge.



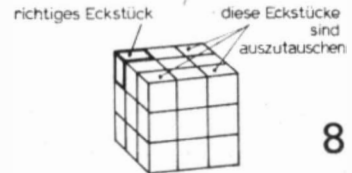
Danach kann der Würfel recht durcheinander aussehen. Davon sollte man sich nicht verwirren lassen. Wir drehen die obere Ebene (nicht den ganzen Würfel!) so, daß das nächste zu kippende Kantenstück nach oben rechts zeigt, und wiederholen die acht Züge. So wird verfahren, bis alle Kantenstücke richtig stehen. Danach ist oben ein gelbes Kreuz entstanden. Die Ebene wird so gedreht, daß die Seitenfarben übereinstimmen.

Jetzt sind noch die Eckstücke in die richtige Position zu bringen. (wobei die Seitenfarben noch vertauscht sein dürfen) Wenn noch keines der Eckstücke an der richtigen Stelle steht, sind die 22 Züge der Darstellung 7 auszuführen.

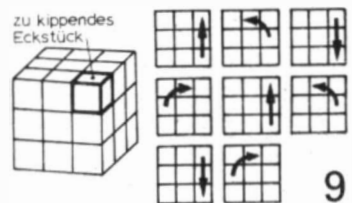


Wenn danach noch kein Würfel an der richtigen Stelle steht, muß man die 22 Züge wiederholen.

Wichtig ist, daß die gleiche Seite wieder nach vorn zeigt. Ist das geschehen, richten wir den gesamten Würfel durch Drehen entsprechend den Seitenfarben aus und bringen das richtig stehende Eckstück durch Drehen des gesamten Würfels nach links hinten, wie Darstellung 8 zeigt.



Nun sind die 22 Züge ein- oder zweimal zu wiederholen. Dann stehen die Eckwürfel richtig, aber eventuell noch nicht mit ihrer gelben Seite nach oben. Darstellung 9 zeigt die nun auszuführenden Züge.



Der Würfel wird dabei so gehalten, daß ein zu drehendes Eckstück vorn rechts oben liegt. Zeigt die Operation nicht den gewünschten Erfolg, muß sie wiederholt werden.

Zum Drehen des nächsten Eckstücks muß dieses wieder nach rechts vorn gebracht werden. Dazu nur die obere Ebene drehen (nicht den ganzen Würfel!). Es folgen wieder die acht Züge mit eventueller Wiederholung. So werden alle Eckstücke in die richtige Lage gebracht.

Jetzt brauchen wir nur noch die obere (gelbe) Ebene so zu drehen, daß die Seitenfarben mit denen der anderen Ebenen übereinstimmen.