

# **Rubiks 3x3-Zauberwürfel**

Einstiegsdokument für Anfänger

Ralph Hahn  
20.02.2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Farbschemata</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Mathematisches: Endliche Gruppen und Symmetrien</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Überblick über den Ablauf</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Zur Notation</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Erster Schritt: „Das weiße Kreuz“</b>	<b>6</b>
6.1	Ein guter Move zum Kantenstein-Farbenkippen O/F . . . . .	8
6.2	Kantensteintausch vorne/links: „Sune“ +O-Move: . . . . .	10
6.3	Zweimaliger „Sune“ +O-Move zum Vertauschen zweier diametral gegenüber liegender Kantensteine der oberen Ebene . . . . .	11
6.4	Vom Gänseblümchen zum weißen Kreuz . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Zweiter Schritt: Passendmachung der Ecksteine</b>	<b>13</b>
7.1	Auflösung von weißen Ecksteinen der Transportebene . . . . .	13
7.2	Sonderfall: Auflösung unpassender Ecksteinen in der weißen Ebene . . . . .	14
7.3	Nachkontrolle tut not: „T“- und Zickzack-Prüfung . . . . .	15
<b>8</b>	<b>Dritter Schritt: Die Lösung der 2. Ebene (F2L)</b>	<b>16</b>
8.1	Allgemeine Überlegungen . . . . .	16
8.2	Move-Sequenz: „Sexy Move rechts“ und „Auto-Move“ . . . . .	17
<b>9</b>	<b>Vierter Schritt: Die gelbe Oberfläche (OLL)</b>	<b>23</b>
9.1	Vorbemerkungen . . . . .	23
9.2	Teilschritt: Einen gelben Winkel machen (erster „Balken-Move“) . . . . .	23
9.3	Teilschritt: Einen gelben Balken machen (zweiter „Balken-Move“) . . . . .	25
9.4	Teilschritt: Gelbes Kreuz, Acht, Space Invader (dritter „Balken-Move“) . . . . .	26
9.5	Teilschritt: Fisch-Abbild (1. Sune-Algorithmus bzw. 1. „Fisch-Move“) . . . . .	29
9.6	Teilschritt: Gelbe Fläche (2. Sune-Algorithmus bzw. 2. „Fisch-Move“) . . . . .	32
9.7	Zwischen-Zustand: OLL (Orientation of the Last Layer) . . . . .	33
<b>10</b>	<b>Fünfter Schritt: Fertigstellung des Würfels (PLL)</b>	<b>35</b>
10.1	Kantensteinkarussell: Sortierung gelber Kantensteine via Dreieckstausch . . . . .	35
10.2	Das Finale - Der „Telefon-Move“ . . . . .	38
<b>11</b>	<b>Speeding Up: Wie werde ich schneller?</b>	<b>40</b>
11.1	Würfel-Grundhaltung . . . . .	40
11.2	Rotation der Würfeloberfläche (Finger-Tricks) . . . . .	41
11.3	Anmerkungen zum „Speeding up“ . . . . .	42
11.4	Speeding up: Ecksteine der weißen Ebene . . . . .	42
11.5	Speeding up: Perspektivwechsel beim Auto-Move . . . . .	49
11.6	Speeding up: Kantensteine der Mittelebene richten . . . . .	50
11.7	Speeding up: Gelben Balken überspringen . . . . .	51
11.8	Speeding up: Kantensteinkarussell reverse! . . . . .	52
11.9	Fridrich-Methode: CFOP . . . . .	53

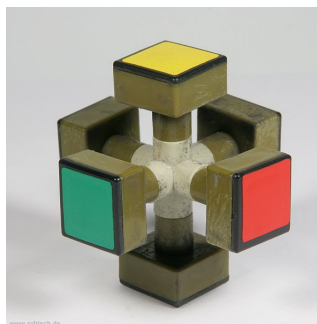
## Zusammenfassung

Rubiks Zauberwürfel ist ein cooles Spielzeug für Nerds, kleine und große Kinder! Leider vergeht der Spaß recht schnell, wenn man es nie schafft, den Zauberwürfel in den Zustand der Werksauslieferung (jede Seite farblich sortiert) zurück zu versetzen. Da sich eine befreundete Familie ein „Kochrezept“ für den Zauberwürfel gebastelt hatte und ich gerne mit Tools wie LaTeX, TikZ, Blender und Gimp herumspiele, dachte ich, ich trage mal das zusammen, was man so zum Lösen des Zauberwürfels als Anfänger braucht. Mit der Zeit habe ich mir dann allerdings einen Speed Cube gekauft, also weg vom Spielzeug für Kinder und hin zum professionellen Spielzeug für große Kinder.

## 1 Vorbemerkungen

Wir gehen in dieser Anleitung von einem 3-mal-3-mal-3-Zauberwürfel aus. Das heißt, jede Seite des Würfels stellt 9 Farbflächen dar. Blickt man schräg von der Seite auf den Zauberwürfel, sieht es so aus, als gäbe es auch 3 Ebenen zu je 3 mal 3 Steinen. Doch der Eindruck, es handle sich um lauter kleine Quader, die den Würfel bilden, ist falsch - wie wir gleich sehen werden: Bekanntermaßen hat ein (allgemeiner) Würfel 6 Seiten. Dem entsprechend hat ein Rubik-Würfel auch 6 verschiedene Farben. Nachdem man den Würfel mehrfach verdreht hat, ist die Kunst, den Würfel so zu drehen, dass jede Würfelseite wieder in einer einheitlichen Farbe erscheint.

Obwohl man den Eindruck gewinnen könnte, dass der Zauberwürfel aus 26 kleineren Würfelchen („Cubies“ genannt) aufgebaut ist, trügt dieser Eindruck. Denn: Baut man den Zauberwürfel auseinander, so sieht man, dass es eben keine  $3 \times 3 \times 3 = 27$  Würfelchen (Cubies) sind. Erstens kann es keinen zentralen „Core“-Stein geben, sonst wäre es kein Drehpuzzle, sondern die Cubies wären aneinander geklebt und nicht bewegbar. Daher ist dieser schon mal abzuziehen und wir haben 26 Cubies. Aber auch das ist nur eine optische Vorstellung vom Zauberwürfel, die so nicht ganz der Realität entspricht, weil vier Cubies keine Würfelchen sind, sondern Plättchen, denn baut man einen Zauberwürfel auseinander, erkennt man: die Teile durch ein Kreuzgelenk zusammengehalten:



Aus dem obigen Bild lässt sich bereits einiges ableiten. So erkennen wir, dass die mittleren Felder (die Ende der Drehachsen) die Farbe auf einer Würfelseite vorgeben bzw. die Grundfarbe dieser Würfelseite bestimmen. Ziel ist es also, dass die Oberseite komplett gelb, die nach links zeigende Seite komplett grün und die nach rechts zeigende Seite komplett rot zu machen. Aus dem Bild können wir aber auch entnehmen: Die mittleren Felder sind aufgrund der Konstruktion des Zauberwürfels statisch zueinander.

Da der Zauberwürfel auf jeder Seite unterschiedliche Farben hat, wissen wir, dass die drei Farben gelb, grün, rot nebeneinander liegen, aber nicht auf der gegenüber liegenden Seite sein können. Da der Zauberwürfel 26 Steine hat und der mittlere Stein auf jeder der 6 Würfelseiten unbeweglich ist, können damit die Position und Lage von 20 Steinen beliebig angeordnet werden. Insgesamt gibt es 43.252.003.274.489.856.000 (43 Trillionen) Kombinationsmöglichkeiten.

Die 26 Steine ergeben sich wie folgt: Es gibt - wie das Bild oben zeigt - sechs (immer einfarbige) **Mittelsteine**, die am Achsenkreuz starr befestigt sind (und damit streng genommen gar keine Steine sind, sondern Außenplättchen - der Begriff Mittelstein hat sich aber so eingebürgert). Alle Steine, die sich an einer der 8 Ecken des Zauberwürfels befinden, werden **Ecksteine** genannt. Eselsbrücke: Sie sind immer dreifarbig - jede Seite ist andersfarbig. Die restlichen Steine, die sich (eingeklemmt) zwischen Mittelstein und zwei Ecksteinen befinden, sind die (immer zweifarbigenen) **Kantensteine**. Die Begrifflichkeiten sind wichtig, weil alle Anleitungen zur Lösung des Zauberwürfels auf diesen Definitionen beruhen.

Pro Würfelseite gibt es 4 Kantensteine, demzufolge gibt es bei 6 Seiten 12 davon (und nicht 24, weil ja ein Stein 2 Flächenseiten verbindet und man diese nicht doppelt zählen darf!) Und wenn wir das addieren, ergibt sich:  $6 + 8 + 12 = 26$  Steine. Im Hinterkopf sollte man immer folgendes behalten: Egal, wie man den Würfel verdreht - *Mittelsteine bleiben immer Mittelsteine, Kantensteine bleiben immer Kantensteine und Ecksteine bleiben immer Ecksteine!*

## 2 Farbschemata

Es gibt verschiedene Farbschemata (z. B. sind die Farbverteilungen in Asien anders als bei uns und das ist wichtig, weil die Speed Cubes meistens in Fernost hergestellt werden). Die Verteilung kann man ganz einfach herausfinden, indem man sich die Mittelsteine betrachtet (die für die Farbgebung einer Seite stehen) und dann den Würfel auf den Kopf stellt und sich die gegenüber liegende Mittelsteinfarbe betrachtet. So hat mein Zauberwürfel folgende Verteilung:

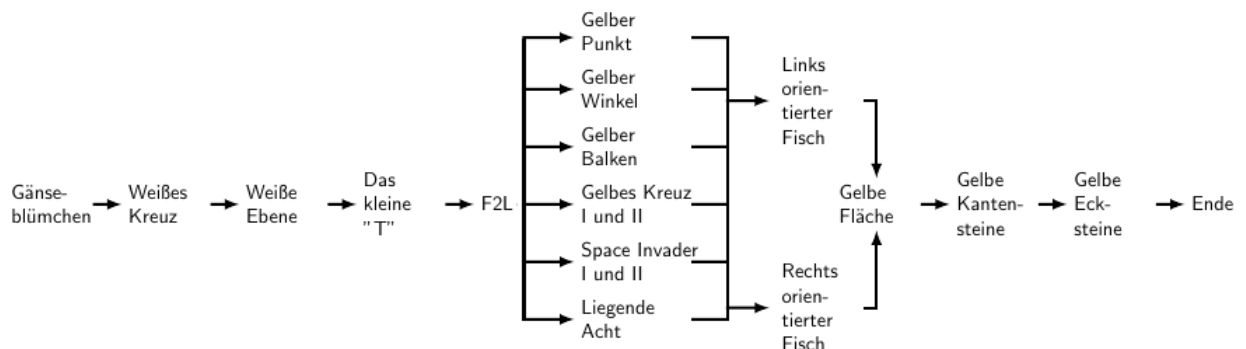
- Die weiße Seite liegt gegenüber der gelben Seite
- Die orangene Seite liegt gegenüber der roten Seite
- Die grüne Seite liegt gegenüber der blauen Seite

## 3 Mathematisches: Endliche Gruppen und Symmetrien

Im Jahr 2010 hat man bewiesen, dass sich jeder 3x3x3-Rubik-Würfel-Ausgangszustand mit 20 Drehungen lösen lässt. Mathematische Grundlage hierfür sind die so genannten *endlichen Gruppen*. Mit anderen Worten: Die Drehungen beim Zauberwürfel sind ein Beispiel von Gruppen und setzen symmetrische Eigenschaften voraus, die nacheinander ausgeführt und auch rückgängig gemacht werden können, um einen bestimmten Zustand (Verschiebungen) zu erreichen. Solche Symmetrien können sein: Spiegelsymmetrien, d.h. Spiegelungen an senkrechten und waagerechten Achsen, Rotationssymmetrien (durch Drehungen von 60 Grad, d.h. 360 Grad durch 6 geteilt). Jede endliche Gruppe lässt sich als Untergruppe einer geeignet gewählten symmetrischen Gruppe realisieren.

## 4 Überblick über den Ablauf

Bevor wir gleich loslegen, noch ein „Fahrplan“ auf das „Große Ganze“. Während des Auflöserns der Unordnung, entstehen die in der Abbildung genannten Motive auf dem Zauberwürfel. Was sie im Einzelnen bedeuten, wird dann im Ablauf klar. Das Bild soll nur als roter Faden dienen, weil man am Anfang, vielleicht etwas verwirrt ist, ob der vielen Einzelschritte. Aber keine Angst - das prägt sich so in einer Woche ein :-)



## 5 Zur Notation

Nach einiger Zeit des „Rumdaddelns mit dem Würfel“ merkt man, dass einfaches Herumprobieren doch vielleicht nicht ganz so effizient ist und entdeckt die Gemeinsamkeit mit Schach: Auch dort ist die Kenntnis von guten Eröffnungszügen spielentscheidend. Und hier wie dort gilt es, stupides Auswendiglernen von allerhand Zügen „Moves“ zu vermeiden. Statt dessen sollte man nur solche Züge verwenden, bei denen man verstanden hat, warum sie „gut“ sind. Das erhöht dann auch die Motivation, sie sich einzuprägen. Daraus folgt dann, dass man sich eine Konvention überlegt, wie man sich solche Moves notiert. Ich habe mir da (LaTeX/TikZ sei dank) eine eigene ausgedacht, um mir bestimmte Moves, die einfach gut sind, zu notieren bzw. mich später einmal an sie erinnern zu können. Beginnen will ich daher mit einem Blick auf einen allgemeinen Würfel. Ich werde folgende Abkürzungen für seine Seiten benutzen:

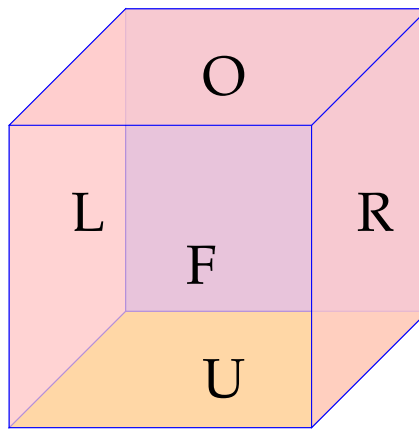


Abbildung 1: Notation der Würfelseiten

Dabei steht F für Frontseite, R für rechte Seite, L für linke Seite, O für oben und U für unten. Ich wollte die Buchstaben in deutsch haben, auch wenn die Szene den Buchstaben U für die Oberseite (Upper) verwendet. Mit dem Buchstaben Y werde ich globale Drehrichtungen des gesamten Würfels notieren.

Weiterhin stelle ich die Drehung (im „Cuber-Slang“: der „Move“) mit einem Pfeil dar. Dabei gilt folgendes: Eine Drehung der rechten oder linken Würfelseite wird mit aufwärts oder abwärts gerichtetem Pfeil dargestellt. Der Pfeil ist immer aufwärts, wenn die Würfelseite L oder R bei seitlicher Sicht im Uhrzeigersinn (also nach rechts) gedreht wird und abwärts, wenn die Würfelseite von der jeweiligen Seite betrachtet im Antiuhrenzigersinn (also nach links) gedreht wird. Zur besseren Lesbarkeit stelle ich die Pfeile vor den Buchstaben L bzw. hinter den Buchstaben R (das ist intuitiv klarer). Für eine Drehung der Frontseite F und globale Drehungen Y ist damit die Sache klar: Der Pfeil zeigt, wohin man drehen soll.

Auch die Drehung der Oberseite, die ich konsequent mit O und nicht mit U notiere, ist einfach: Ein gebogener Pfeil über dem Buchstaben O zeigt die Drehrichtung an, d.h. wohin man die Vorderseite der oberen Ebene hin drehen soll.

Nun aber zu einem Problem, das ich erst nach einigen kuriosen Nachspielversuchen von notierten Moves erkannt habe, ist folgendes: Ich hatte mir zuerst die Drehrichtungen so notiert, wie sie der Draufsicht auf die jeweilige Seite entspricht. Also ist ein Rechtspfeil über dem Buchstaben „U“ eine Rechtsdrehung von unten her betrachtet. Soweit auch klar. Nur beim Nachexerzieren habe ich dann immer wieder (da ich die Konvention vergessen hatte) die Unterseite genau falsch herum gedreht. Der Fehler ist auch klar: Wer hält schon den Würfel über seinen Kopf, um von unten draufzusehen, nur weil er an der unteren Ebene drehen möchte? - Das finde ich nicht besonders geschickt. Von daher gilt ausnahmslos in dieser Anleitung:

*Ein Rechtspfeil über dem U bedeutet, dass ich die untere Ebene von frontal/oben betrachtet auch nach rechts drehe und nicht etwa nach links! Und das gilt auch für die Gegenrichtung so.*

Mehrfachdrehungen: Jeder Pfeil bedeutet zunächst einmal nur einen Move mit 90 Grad (also eine Vierteldrehung des Würfels). Sollte eine 180 Grad Drehung erforderlich sein, so steht vor dem Pfeil eine 2 (hier ist die Drehrichtung eigentlich egal - das Ergebnis ist dasselbe), bei 270 Grad eine 3, beispielsweise:

$^2\overrightarrow{O}$  oder:  $^3\overleftarrow{F}$  oder:  $R\uparrow^3$  oder:  $^2\downarrow L$

## 6 Erster Schritt: „Das weiße Kreuz“

Da es hier nicht um Speed-Cubing geht, sondern nur um eine zielsichere Anfänger-Anleitung, gehen wir in einfachen Schritten vor. Da es verschiedene Methoden gibt, eine Würfel-Unordnung zu beseitigen, sei hierfolgendes an den Anfang gestellt: Grundregel unserer Anleitung ist, dass wir den Würfel *nach Ebenen lösen* wollen, im Speedcuber-Slang: *LbL (Layer by layer)*: Zuerst ist die oberste Ebene (das ist die weiße Ebene) dran, dann die darunter liegende und zum Schluss die unterste Ebene (auch gelbe Ebene - hierzu muss man den Würfel einmal umdrehen, um das sehen zu können. Warum LbL? Das folgenden Grund: Man betreibt Komplexitätsreduktion: Da das weiße Kreuz nur Zwischenstation zur weißen Fläche ist, kann man sich besser auf die anderen Farben konzentrieren, auch wenn temporär/kurzzeitig mal weiße Flächen an den Würfelkanten zu sehen sind, ist das dann nicht verwirrend, sondern im Gegenteil, man kann daran kontrollieren, ob man alles richtig macht, weil die weißen Flächen im Regelfall nicht zu sehen sein dürfen, denn sonst wäre ja die unterste Ebene (Layer) zerstört, was wir ja gerade bei LbL vermeiden wollen.

Um beim Lösen des Würfels nicht durcheinander zu kommen, ist es wichtig, den Zauberwürfel immer richtig zu halten. Eigentlich beginnen wir unsere „Würfelarbeit“ mit der gelben Oberfläche, aber zunächst drehen wir ihn einmal zu Anschauungszwecken so, dass der weiße Mittelstein (dieser symbolisiert die weiße Grundfläche) nach oben zeigt. Und dazu muss man jetzt ein weißes Kreuz wie nachfolgend abgebildet hinkommen:

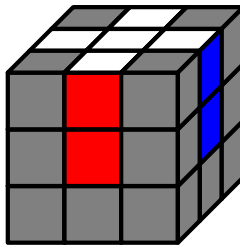


Abbildung 2:  
Das erste Ziel

Um das weiße Kreuz zu erhalten, kann man verschiedene Wege einschlagen. Manche schauen sich die Seiten an und wählen eine günstige Farbkombination. Andere orientieren sich an dem weißen Mittelstein und lassen ihn oben und bauen darum herum ihr weißes Kreuz auf. Ich bevorzuge den Weg, dass man den Würfel kippt, so dass der weiße Mittelstein nach unten zeigt (für uns vorerst nicht mehr sichtbar ist) und die gegenüberliegende Seite, mit dem gelben Mittelstein nach oben kommt. Um diesen gelben Mittelstein herum bauen wir die vier verfügbaren „weißen“ Kantensteine auf, so dass das Ganze wie ein Gänseblümchen aussieht: „In der Mitte ist gelb und die Kantensteine darum herum weiß“. Haben wir das geschafft, korrigieren wir vielleicht noch etwas, aber können die Steine einfach nach unten kippen und „zerstören“ unser Gänseblümchen, erhalten aber postwendend auf der anderen Seite unser weißes Kreuz - das geht ziemlich einfach!

Fangen wir erst einmal ganz mutig an und drehen - sofern noch nicht geschehen - **den Zauberwürfel so, dass der gelbe Mittelstein oben ist**. Danach konzentrieren wir uns **ausschließlich auf die vier weißen (zweifarbigen) Kantensteine**, die inmitten von Ecksteinen liegen. Haben wir einen gefunden, überlegen wir kurz, was wohl passiert, wenn wir ihn einfach hochdrehen. Wenn er ein weißes Kreuz mit aufbaut, dann drehen wir ihn auch hoch. Sonst müssen wir weiter überlegen, mit welcher Drehrichtung wir das schaffen. Gelingt das nicht auf Anhieb, suchen wir uns einen andern, leichter zu lösenden Stein. Denn durch die Drehbewegung dieses Steins, kann es sein, dass wir damit auch gleich eine bessere Ausgangsposition zum Erkennen des ursprünglichen Steins geschaffen haben. Auf diese Weise bringen wir alle vier weißen Kantensteine („weiß-orange“, „weiß-rot“, „weiß-grün“, „weiß-blau“) hoch auf die gelbe Ebene - egal welche Reihenfolge! Und: Die (möglicherweise zur gelben Ebene unpassenden) Ecksteine ignorieren wir in jedem Fall erst einmal!

Falls wir schon weiße Kantensteine auf der (eigentlich) gelben Oberseite haben, dann drehen wir die Oberseite („obere Ebene“) so, dass die seitlichen Flächen der Kantensteine möglichst passend zu den anderen Mittelsteinfarben liegen. Also wie abgebildet: Die rote Seite des weißen Kantensteins, der zu uns zeigt, liegt passend neben dem roten Mittelstein. Analoges gilt für den rechten Mittelstein, dessen blaue Seite sich richtigerweise auch neben dem blauen Mittelstein befindet.

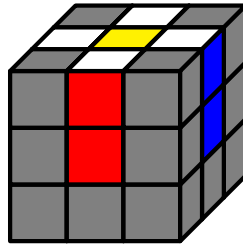


Abbildung 3:  
Zwischenziel: Gänseblümchen

Vorsicht vor einem Trugschluss: Zwar muss man beim weißen Kreuz *immer* darauf achten, dass die Farben *aller* Kantensteine mit den Farben der Mittelsteine der Seiten zusammenpassen! - Aber auch nur, wenn man den weißen Mittelstein im weißen Kreuz stehen hat. Bei unserem Gänseblümchen muss man das noch nicht - um das Problem kümmert man sich auch erst später.

## 6.1 Ein guter Move zum Kantenstein-Farbenkippen O/F

Beginnen will ich mit einem Move, der folgendes „Problemchen“ löst: Ich brauche für einen Kantenstein die Vertauschung der oberen (O) mit der frontal (F) sichtbaren Farbe. Beispielsweise will ich ein weißes Kreuz machen, kann aber die mittlere Ebene mit dem Kantenstein nicht nach oben drehen, weil der auf der oberen Ebene ganz hinten schon richtig liegende weiße Stein weggedreht würde.

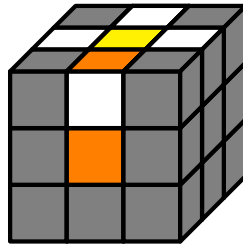


Abbildung 4:  
Farbtausch erforderlich!

Mit folgendem Move kann ich immer die Farben eines Kantensteins kippen:

$\bar{O}$   $R\downarrow$   $\bar{O}$   $\bar{F}$

Lies: Obere Ebene nach links drehen (Anti-Uhrzeiger-Richtung), rechte Seite ebenfalls nach links (in Anti-Uhrzeiger-Richtung) drehen (zu einem selbst hin), dann die obere Ebene nach rechts drehen und die Frontalebene nach links drehen.

Ein Tipp: Falls man sich eine Move-Abfolge nicht einprägen kann, baut man sich Eselsbrücken. Dabei gilt: Je blödsinniger die Idee ist, desto besser kann sich das Gehirn so etwas merken. Im konkreten Fall male ich mir aus, ich würde an einer „Nietmaschine für Jeans“ arbeiten. Die Maschine brauche ich sehr selten, so dass ich als allererstes erst einmal mal oben in die Maschine Niete reinleeren will, weil die Maschine leer ist. Dazu schraube ich den Denkel mit einer Linksdrehung auf und kippe die Niete rein. Jetzt ziehe ich am Hebel, der sich rechts an der Maschine befindet (ganz wie bei einarmigen Banditen) und es macht Kawumm! und die Maschine hat die Niete in eine Jeans reingedonnert. Warum war denn das so laut? Ach, ich habe den Deckel oben vergessen wieder auf die Öffnung aufzuschrauben. Also das schnell noch erledigt und dann kann ich, wenn ich an der Nietmaschine vorne mit dem Sicherheitsschlüssel die Tür aufschließen, mir die Jeans rausholen - und fertig. (Ich weiß: ein idiotisches Bild! ... Aber: Hilfreich! - So eine bescheuerte Idee verlässt dich nie mehr!)

Bereits bei Kenntnis dieses Moves und ein wenig „Rumgedaddel“ kann man das Gänseblümchen herstellen. Der Vorteil ist, dass man beim Gänseblümchen nicht alle Seitenfarben simultan korrekt stehen haben muss, bevor man die Kantensteine nach unten bringt. Gleichwohl zeige ich im nächsten Unterkapitel anhand dem Gänseblümchen noch einen Move, wie man Kantensteine vertauschen kann, das braucht man später auch noch - jetzt nicht zwingend. *Und noch etwas: Dieser Move zerstört eine auf der Unterseite des Zauberwürfels (Transportebene) möglicherweise schon bestehende Ordnung - in diesem Fall ist dieser Move kontraproduktiv!*

*Um die Kantensteine nach unten zu bringen, macht man folgendes: Man verdreht ggf. die Oberseite mit dem gelben Mittelstein (also das Gänseblümchen) so, dass die Seitenfarben des Kantensteins zum Mittelstein dieser Seitenebene passen. Man dreht dann der Würfel global so, dass die neue Frontseite die Seite ist, bei der die Farben des Kantensteins mit dem der Ebene übereinstimmt. Und dann dreht man diese Frontseite einfach nach unten (180 Grad). Dann ist die weiße Seite unten angekommen. Das ganze Spielchen machen wir für jede der vier Würfelseiten. Ergebnis: Unten entsteht daraufhin erneut ein weißes Kreuz, dieses Mal aber mit einem weißen Mittelstein dabei!*

Damit wäre dieses Teilproblem gelöst!



**Ist dieser (teure) 4-Schritt-Move aber wirklich erforderlich?** - *Hier schon.* Denn wie man in Abbildung 4 sieht, steht der Kantenstein schon passend zum orangefarbenen Mittelstein der Frontseite. Und zweitens ist der rechte Kantenstein schon belegt und zeigt die richtige weiße Farbe (und möglicherweise sogar noch die passende Seitenfarbe!).

Wäre dort kein weißer Kantenstein, und wäre der rechte Mittelstein orangefarben könnte man einfach die Frontseite nach rechts drehen und dann den Würfel global nach rechts drehen und nochmals die neue Frontseite nach rechts drehen, was deutlich schneller ist! - Also aufpassen und nicht einfach stur Moves machen, weil man das mal so gelernt hat!

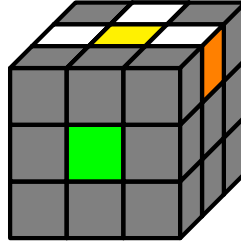


Abbildung 5:  
Passendes Einsetzen von Kantensteinen  
bewirkt implizit: Farbenkippen

Der Algorithmus, ein schneller 2-Step-Move, um einen weißen Front-Kantenstein einzusetzen, wenn er an die rechte Kante passt, lautet:

$\vec{F} \ \vec{Y} \ \vec{F}$

## 6.2 Kantensteintausch vorne/links: „Sune“ +O-Move:

Folgende Problemsituation haben wir im weiteren Verlauf häufig: Von 4 Kantensteinen, deren oberen Farbe für uns in Ordnung ist, passen nur 2 zur richtigen Seitenfarbe. Beispiel: Die zum frontalen Kantenstein passende blaue Ebenenfarbe (die der Mittelstein ja vorgibt) befindet sich (relativ zu ihm gesehen) auf der rechten Würfelseite und die obere gelbe Ebene kann man nicht nach links drehen, um beide blaue Flächen zusammenzuführen, ohne die anderen (hinten und auf der linken Seite befindlichen, seitlich passenden) Kantensteine unpassend zu machen:

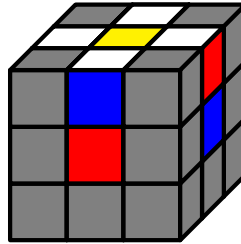


Abbildung 6:  
Zwei der vier Kantensteine  
stimmen nicht überein

Für solche Fälle gibt es den „Sune+O-Move“, der das Problem löst. Der Move heißt so, weil es eine Kombination des so genannten „Sune“ Move ist, der bei Speed-Cubern auch alleine Verwendung findet, ergänzt um den O-Move am Ende. Wichtig ist dabei: Dieser Move vertauscht den frontalen Eckstein mit dem auf der **linken** Würfelseite. - Daher drehen wir den ganzen Würfel global erst mal nach rechts und betrachten dies als die neue Ausgangsposition!

Von dieser Position aus wenden wir zunächst den Sune-Move an (das ist der geklammerte Teil, wobei die Klammer nur zur Verdeutlichung dienen soll) und hängen daran den O-Move:

$$(R\uparrow \begin{array}{c} \curvearrowright \\ O \end{array} R\downarrow \begin{array}{c} \curvearrowleft \\ O \end{array} R\uparrow \begin{array}{c} \curvearrowright \\ O \end{array} R\downarrow ) + \begin{array}{c} \curvearrowleft \\ O \end{array}$$

Die Bereinigung geschieht wie folgt: Man dreht zuerst den ganzen Zauberwürfel (global) so, dass die rechte Seite frontal (von vorne) zu sehen ist. Danach wendet man den Move an.

### 6.3 Zweimaliger „Sune“ +O-Move zum Vertauschen zweier diametral gegenüber liegender Kantensteine der oberen Ebene

Falls man den Kantenstein mit dem auf der gegenüber liegenden Seite austauschen möchte, wendet man den „SUNE+O-Move“ zweimal an. Ggf. muss man dazwischen noch mal die obere Position zurechtdrehen, bevor man neu ansetzt.

$$\text{I. } (R\uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\uparrow \quad {}^2\overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow) + \overset{\curvearrowright}{O}$$

$$\text{II. } (R\uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\uparrow \quad {}^2\overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow) + \overset{\curvearrowright}{O}$$

## 6.4 Vom Gänseblümchen zum weißen Kreuz

Wenn unsere Bemühungen von Erfolg gekrönt sind, haben wir nun ein „Gänseblümchen“.

**In jedem Fall müssen wir die Seitenfarben zum Gänseblümchen auch passend haben, sonst bekommen wir später Schwierigkeiten mit dem Weitermachen!**

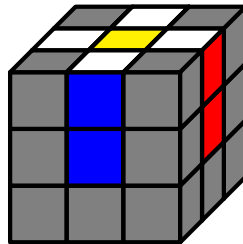


Abbildung 7:  
Gänseblümchen: Gelber Mittelstein,  
eingefasst von vier weißen Kantensteinen

Dann machen wir folgendes: Wir drehen einfach jede Seite nach unten, also 2 mal im Uhrzeigersinn. Wenn wir danach den Würfel auf den Kopf stellen, ist unser Kreuz fertig: Auch der Mittelstein ist weiß!

*By the way:* Es kann auch sein, dass sich noch „zufällig“ weitere weiße Ecksteine dazugesellen. Meistens stimmen die jedoch nicht mit den Seitenfarben überein, so dass wir sie im nächsten Schritt umsortieren müssen - ist aber auch egal.

Das nachfolgende Bild zeigt einen real aufgetretenen Würfelzustand, nachdem ich den Zustand des letzten Bildes erreicht hatte und dann das Gänseblümchen aufgelöst hatte, um die weiße Fläche zu bekommen: Man sieht vorne rechts einen Eckstein, der sich gerade zufällig auch auf der weißen Ebene befand. Allerdings sind seine Seitenfarben unpassend, daher ist er nur vorübergehend an dieser Position gewesen...Gleichwohl: Wir haben ein weißes Kreuz - *und ja: rechts ist orange!* - Das ist richtig, weil ich ja den Würfel auf den Kopf gestellt habe, so dass sich rot auf der gegenüber liegenden linken Seite befindet und hinten ist grün und unten ist die gelbe Ebene...wie gesagt - ich habe hier einen realen Würfelzustand dokumentiert...

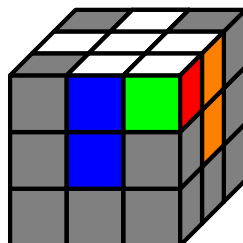


Abbildung 8:  
Weißes Kreuz zu Lasten  
eines „zerstörten“ Gänseblümchens

## 7 Zweiter Schritt: Passendmachung der Ecksteine

Machen wir uns zunächst nochmals klar, was es mit den Ecksteinen auf sich hat. Es gibt nur 8 Ecksteine und 8 Positionen, an die sie rotiert werden können: *Ecksteine bleiben immer Ecksteine*. Allerdings zeigen ja 3 Farben nach außen. Daher kann jeder Eckstein auch in diese 3 Richtungen rotiert sein.

Falls wir das noch nicht getan haben, **drehen wir den Würfel jetzt wieder so, dass die weiße Ebene (das weiße Kreuz mit weißem Mittelstein) oben ist**. Im Umkehrschluss ist unten die gelbe Ebene, auf der einstmals ein Gänseblümchen war. Unser Ziel ist jetzt, dass wir die gesamte weiße Ebene fertig machen, indem wir die vier weißfarbigen Ecksteine so einfügen, dass eine einheitlich weiße Ebene entsteht.

Die bisherige gelbe Ebene, die nun nach unten zeigt, nennt man auch *Transportebene*. Sie heißt so, weil man an der Transportebene beliebig drehen kann, um Steine hin- und her zu transportieren, ohne dass dies zerstörerischen Einfluss auf unsere obere Ebene hat. Natürlich nutzt uns die Transportebene nur in Verbindung mit seitlichen oder frontalen Drehungen etwas. Aber diese Drehungen sind so ausgelegt, dass sie sich am Ende aufheben und bisherigen Ergebnisse der weißen Ebene nur temporär zerstören, quasi um einen neuen (höher sortierten) Zustand (namentlich die weiße Flächen) erreichen zu können.

Wie gehen wir vor?

### 7.1 Auflösung von weißen Ecksteinen der Transportebene

Zunächst prüfen wir, ob es auf der Transportebene (unten) Ecksteine gibt, die eine weiße Seite haben. Ecksteine ohne weiße Farbe ignorieren wir. Auch Ecksteine, die sich oben befinden und eine weiße Fläche haben, ignorieren wir zunächst einmal. Haben wir einen Eckstein der Transportebene ausgewählt, drehen wir diese Transportebene so, dass der Eckstein mit seinen beiden nicht-weißen Farbseiten zu den Farben der Mittelsteine der Seiten passt. Man sagt auch: *Wir drehen den Eckstein unter diejenige Position (Slot), an der er eingefügt werden soll*.

Jetzt gibt es drei Möglichkeiten, wie dieser untere Eckstein „steht“:

- A. Die weiße Seite des Ecksteins befindet sich rechts
- B. Die weiße Seite des Ecksteins befindet sich vorne (Frontalsicht auf die weiße Fläche)
- C. Die weiße Seite des Ecksteins befindet sich unten (zeigt also in dieselbe Richtung wie die gelbe Ebene)

*Auflösung von Ecksteinen der Kategorie A. mit weißer Seite rechts:*

Wir drehen den Eckstein zunächst weg von uns, indem wir die rechte Seite im Antiuhrzeigersinn nach links drehen. Danach drehen wir die Transportebene zu uns her, d.h. wir drehen die Transportebene ebenfalls im Antiuhrzeigersinn nach links und drehen anschließend die rechte Seite wieder im Uhrzeigersinn (also rechts) nach oben. Ergebnis: Der Eckstein befindet sich an der richtigen Stelle. Gemäß unserer eingangs erwähnten Notation ist dies:

$R\downarrow \quad \overline{U} \quad R\uparrow$

(Das weiße Kreuz ist beim Drehen oben sichtbar.)

### *Auflösung von Ecksteinen der Kategorie B. mit weißer Vorderseite:*

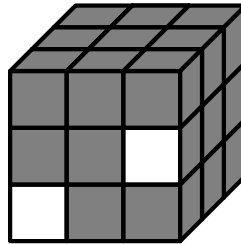
Wir drehen zunächst die Tranportebene nach links, holen die rechte Seite durch linke Drehung zu uns her und drehen die Transportebene nach rechts in die Ausgangsstellung zurück und setzen damit den Eckstein in den Slot ein. Danach schieben wir die rechte Seite wieder nach oben und lassen sie in die weiße Ziel-Ebene „einrasten“(lock in) Ergebnis: Auch dieser Eckstein befindet sich nun an der richtigen Stelle. Das ganze in unserer eingangs erwähnten Notations-Schreibweise:

$$\overleftarrow{U} \quad R\downarrow \quad \overrightarrow{U} \quad R\uparrow$$

(Das weiße Kreuz ist beim Drehen oben sichtbar.)

### *Auflösung von Ecksteinen der Kategorie C. mit weißer Unterseite:*

In diesem Fall drehen wir nicht an der Transportebene, sondern an der rechten Seite, und zwar weg von uns, d.h. nach links im Anti-Uhrzeigersinn. Danach drehen wir diejenige Transportebene *2 mal* nach vorne, d.h. nach links und erhalten folgende Frontalsicht, wobei der rechte Kantenstein von dem weißen Kreuz stammt und nur temporär in dieser Position bleibt:



Weiters dreht man die rechte Seite nach oben zurück, d.h. nach rechts. Ergebnis: Damit befindet sich dieser Eckstein in einer Position der Transportebene, bei der die weiße Seite nach rechts zeigt. Soweit so gut. Auch hier drehen wir den Eckstein so hin, dass er farblich zu den beiden Seiten passt. Und damit wenden wir die Regel für Ecksteine der Kategorie A. an und lösen den Eckstein auf.

$$R\downarrow \quad {}^2\overrightarrow{U} \quad R\uparrow + \text{danach Regel für Kat. A.}$$

(Das weiße Kreuz ist beim Drehen oben sichtbar.)

## **7.2 Sonderfall: Auflösung unpassender Ecksteinen in der weißen Ebene**

*Was tut man aber, wenn ein Eckstein schon auf der oberen weißen Ebene ist, aber nicht passt, weil seine weiße Seite nicht nach oben zeigt?* - Man holt den Stein durch Drehen von einer der Dimensionen {F ; L; R } nach unten auf die Transportebene und beginnt von da aus erneut mit dem Lösen des Ecksteins.

### 7.3 Nachkontrolle tut not: „T“- und Zickzack-Prüfung

Auch wenn wir eine weiße Ebene sehen: *Es kann sein, dass wir noch nicht fertig sind!* Denn es kann sein, dass die Farben nicht zu den seitlichen Mittelsteinen passen. Dann müssen wir erneut loslegen, Eckstein nach unten in die Transportebene bringen, die Transportebene drehen, dass der Eckstein dorthin gelangt, wo er hin soll - und das ganze geht weiter...gemäß Kochrezept A. bis C.

Wenn wir bisher alles richtig gemacht haben, dann muss unser Würfel wie folgt aussehen: *Die Würfeloberseite ist durchgängig „weiß“ und auf jeder Seite gibt es ein zum Mittelstein passendes, farbiges „T“* Mit anderen Worten: Es gibt also eine zum Mittelstein farblich passende obere Klötzchenreihe. Und dies auch bei jeden der 4 seitlichen Mittelsteine (kontrollieren!). Das ganze sieht also etwa so aus, wobei die grauen Flächen im abgebildeten Cube diejenigen Klötzchen darstellen, die uns gerade nicht interessieren:

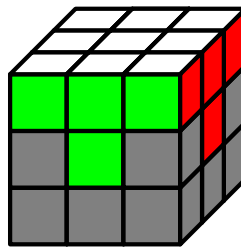


Abbildung 9:  
Sichtprüfung: Haben wir ein T?

Die zweite Prüfung ist die Zickzack-Prüfung: Hier prüfen wir durch einmaliges Herumdrehen des Würfels, ob die jeweilige Ecksteinfarbe mit der Farbe des Mittelsteins (der ja die Ebenenfarbe bestimmt) übereinstimmt. Wir springen mit den Augen dabei jeweils vom Mittelstein zur einen Ecksteinfarbe, wechseln zur anderen Seite des Ecksteins und prüfen, ob diese Farbe mit dem Mittelstein der anderen Seite übereinstimmt und so weiter...

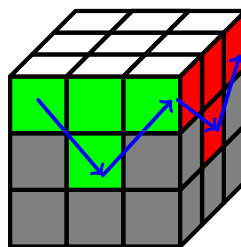


Abbildung 10:  
Zickzack-Prüfung:  
Passen Eckfarben zum  
jeweiligen Mittelstein?

Falls eine der beiden Prüfungen fehlschlägt - wäre jetzt noch der ideale Zeitpunkt den Fehler zu bereinigen, da er sich sonst immer weiter durchzieht.

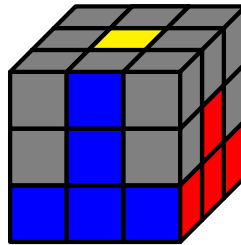
## 8 Dritter Schritt: Die Lösung der 2. Ebene (F2L)

### 8.1 Allgemeine Überlegungen

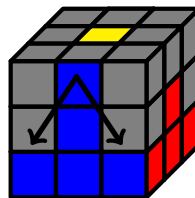
Da wir uns entschieden hatten, den Würfel *nach Ebenen* - im Cuber-Slang: *LbL* (*Layer by layer*) - zu lösen, kommt jetzt die 2. Ebene (also die Mittelebene) dran. Speedcuber bezeichnen einen solchen Zustand, in dem zwei Ebenen gelöst sind als F2L (First Two Layers). Wie kommen wir dahin?

**Wieder drehen wir den Zauberwürfel auf den Kopf, so dass dieses Mal die Ebene mit dem gelben Mittelstein nach oben zeigt.** Was wir nun brauchen, sind Kantensteine, die keine gelbe Farbe enthalten, denn die müssen am Ende in der gelben Ebene verbaut werden - wir aber suchen ja Kantensteine für die Mittelebene - und da gibts kein Gelb drin! Wir drehen also vier mal den Würfel global. Jedes Mal schauen wir dabei nach dem uns zugewandten Kantenstein: Hat er vielleicht keine gelbe Farbe?

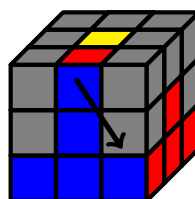
Wenn ja, dann drehen wir die gelbe Ebene so, dass die seitliche Farbe des gefundenen Kantensteins genau der Farbe des Mittelsteins (und damit der Farbe dieser Seitenebene des Zauberwürfels) entspricht. Da wir den Würfel ja auf den Kopf gedreht haben, steht nun das im vorigen Kapitel erhaltene farbige „T“ nun ebenfalls auf dem Kopf - und zwar in einer anderen Farbe, denn aus grün wird blau, wenn rechts rot bleibt. Und genau dieses „T“ verlängern wir jetzt, indem wir einen weiteren gleichfarbigen Kantenstein der gelben Ebene dazuschieben. Damit verändert sich der im vorigen Kapitel als Ergebnis erhaltene Würfel beispielsweise zu:



Nun betrachten wir uns nochmals die Seiten des in der gelben Ebene liegenden Kantensteins genauer und entscheiden uns, ob wir ihn in der Mittelebene nach rechts oder links schieben müssen. Wir müssen ihn jedenfalls an die Stelle bringen, wo die beiden Seitenfarben des Zauberwürfels dazu passen und ganz wichtig: **er muss auch zur unteren Farbe passen!**



Wir gehen einmal davon aus, unser Kantenstein wäre oben rot, dann ist die Entscheidung wie folgt:



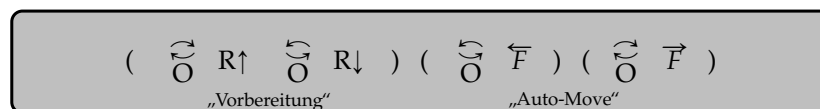


## 8.2 Move-Sequenz: „Sexy Move rechts“ und „Auto-Move“

Je nachdem, ob man den Kantenstein der gelben Ebene nach rechts oder links zu bringen hat, entscheidet man sich für eine von zwei Move-Sequenzen (die wegen der Würfelsymmetrie spiegelbildlich wirken). Die Sequenz beginnt in beiden Fällen mit der Oberseite und heißt „Sexy-Move“ (manche sagen wg. der Handhaltung dazu auch: „Hamburger-Move“), gefolgt vom „Auto-Move“. Dieser Move heißt so, weil man sich mit einem Merksatz, der sich um das Auto dreht, die Zugfolge besser einprägen kann.

**Wollen wir den Kantenstein nach rechts bringen, machen wir folgendes und murmeln in Gedanken:**

„Die Mittelebene wird zu lösen begonnen, indem man den zum Mittelstein farblich passenden Kantenstein zunächst weg vom Ziel bewegt, wo er später eingelockt sein soll, das Ziel kommt hoch. Kantenstein: Zurück zum Ziel und wieder runter! (soweit so gut und jetzt beginnt die Idee mit dem Auto) *Es erscheint ein oben ein Eckstein mit weißer Fläche, das ist der Scheinwerfer des Autos. Das Auto fährt nach hinten weg, wir schließen am Heck des Autos den Kofferraum auf, das Auto fährt wieder zurück und wir schließen den Kofferraum wieder ab - fertig. Der Kofferraum wird dabei wie im realen Leben im Anti-Uhrzeigersinn auf, und im Uhrzeigersinn zugeschlossen*“



(Die gelbe Ebene ist beim Drehen oben sichtbar - der weiße Scheinwerfer erscheint oben rechts.)

Analysieren wir einmal diese Move-Abfolge:

Sie besteht aus einem „großen“ Teilschritt, gefolgt von zwei „kleinen“. Der erste Teilschritt (der den Auto-Move vorbereitet), sind die ersten vier Drehungen. Dieser Move ( „auf-auf-zu-zu“) bewirkt via „Aufbrechen - Verändern - Zurückführen“ ein doppelte Pärchenbildung. Die Pärchenbildung ist deshalb doppelt, weil der Eckstein farblich zu zwei Seiten passt und mit jeder Seite ein eigenes, passendes Pärchen bildet. Der zweite Teilschritt wird als „Auto-Move“ bezeichnet.

*Aufgrund der Komplexität sind Kontrollen extrem hilfreich: Beispielsweise „flackert“ mit dem 2. Move ein weißes Triplet von der weißen unteren Ebene frontseitig rechts hoch und verschwindet mit dem nächsten Move sofort wieder. Beim 4. Move, kommt dann der Scheinwerfer hoch und es entsteht eine Situation, die es uns ermöglicht, kurz innezuhalten und zu schauen, ob alles richtig läuft: Denn direkt nach dem 4. Move (also am Ende des ersten geklammerten Teilschritts) ist folgende Situation entstanden: An der rechten Würfelvorder- und oberseite müssen sich zwei farbliche Pärchen befinden, wobei der weiße „Scheinwerfer“ nach Osten zeigt und die farbgleichen Seiten frontal und zum Himmel gerichtet sind.*

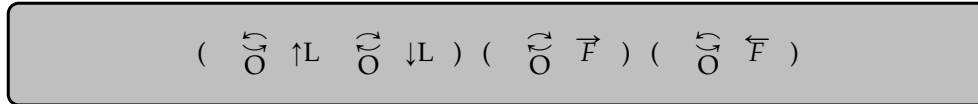
Der zweite Teilschritt parkt danach beide Pärchen per linker Oberseitendrehung nach hinten an die Würfelrückseite und die Linksdrehung der Frontseite macht „auf“: Wir drehen also dort hoch, wo der Stein rein („eingelockt werden“) soll - und das ist an der rechten Frontseite: Dort drehen wir hoch!

*Auch diese Situation direkt nach dem 6. Move können wir kontrollieren: Auf der rechten Seite des Zauberwürfels erscheinen unten (oder auch oben) in der Frontebene seitlich zwei weiße Flächen!*

Der dritte Teilschritt schließt alles ab: Zunächst werden über die Vorwärtsdrehung der Oberfläche im 7. Move nicht nur die Pärchen „auf die richtige (Front)seite gedreht“, sondern es wird auch der „Scheinwerfer“ mit den beiden weißen Plättchen vereinigt. Und der letzte Move des dritten Teilschritts verdreht die „wieder hergestellte,“ weiße Dreierkombination nach unten auf die weiße Ebene, so dass diese nicht kapputtgeht, sondern erhalten bleibt.

## Wollen wir den Kantenstein dagegen nach links bringen, machen wir folgendes und murmeln in Gedanken:

„Die Mittelebene wird zu lösen begonnen, indem man den zum Mittelstein farblich passenden Kantenstein zunächst weg vom Ziel bewegt, wo er später eingelocked (engl.: eingeschlossen) sein soll, das Ziel kommt hoch. Zum Kantenstein sagen wir: *Zurück zum Ziel und dann wieder runter!* (soweit so gut und jetzt beginnt die Idee mit dem Auto) *Es erscheint ein oben ein Eckstein mit weißer Fläche, das ist der Scheinwerfer des Autos. Das Auto fährt nach hinten weg, wir **schließen** am Heck des Autos den Kofferraum erst ab, weil die Welt hier verkehrt ist. Das Auto fährt wieder zurück und wir schließen den Kofferraum auf, weil in dieser Welt alles verkehrt ist (mit Ausnahme der Drehrichtung des Kofferraumschließens...da schließen wir immer wie in der realen Welt die Schlösser im Antiuhrzeigersinn auf...) - fertig.*“



(Die gelbe Ebene ist beim Drehen oben sichtbar - der weiße Scheinwerfer ist oben links.)

Analysieren wir auch diese Move-Abfolge:

Sie besteht aus einem „großen“ Teilschritt, gefolgt von zwei „kleinen“. Der erste Teilschritt sind die ersten vier Drehungen („auf-auf-zu-zu“) und bewirkt via „Aufbrechen - Verändern - Zurückführen“ ein doppelte Pärchenbildung. Sie ist deshalb doppelt, weil der Eckstein farblich zu zwei Seiten passt und mit jeder Seite ein eigenes, passendes Pärchen bildet.

*Aufgrund der Komplexität sind Kontrollen extrem hilfreich: Beispielsweise „flackert“ mit dem 2. Move ein weißes Triplet von der weißen unteren Ebene frontseitig links hoch und verschwindet mit dem nächsten Move sofort wieder. Beim 4. Move, kommt der Scheinwerfer hoch und es entsteht eine Situation, die es uns ermöglicht, kurz innezuhalten und zu schauen, ob alles richtig läuft: Denn direkt nach dem 4. Move (also am Ende des ersten geklammerten Teilschritts) ist folgende Situation entstanden: An der linken Würfelvorder- und oberseite müssen sich zwei farbliche Pärchen befinden, wobei der weiße „Scheinwerfer“ nach Westen zeigt und die farbgleichen Seiten frontal und zum Himmel gerichtet sind.*

Der zweite Teilschritt parkt danach beide Pärchen per rechter Oberseitendrehung nach hinten an die Würfelrückseite und die Rechtsdrehung der Frontseite macht „auf“. Wir drehen also dort hoch, wo der Stein rein („eingelocked werden“) soll - und das ist an der linken Frontseite: Dort drehen wir hoch!

*Auch diese Situation direkt nach dem 6. Move können wir kontrollieren: Auf der linken Seite des Zauberwürfels erscheinen unten (oder auch oben) in der Frontebene seitlich zwei weiße Flächen!*

Der dritte Teilschritt schließt alles ab: Zunächst werden über die Vorwärtsdrehung der Oberfläche im 7. Move nicht nur die Pärchen „auf die richtige (Front)seite gedreht“, sondern es wird auch der „Scheinwerfer“ mit den beiden weißen Plättchen vereinigt. Und der letzte Move des dritten Teilschritts verdreht die „wieder hergestellte,“ weiße Dreierkombination nach unten auf die weiße Ebene, so dass diese nicht kapputtgeht, sondern erhalten bleibt.

**Vorwegnehmender Tipp:** Durch eine kleine Variation kann man sowohl rechts- wie linksseitiges Einsetzen erleichtern: Man dreht den Kantenstein wie bisher vom Ziel weg und macht z. B. beim rechtsseitigen Einsetzen einen „Sexy Move rechts“, dreht dann den Würfel global nach rechts (Y) und lockt das ganze links ein. Analog das rechtsseitige Einsetzen: Wegdrehen, „Sexy Move links“, dann Y' und danach rechts einlocken (siehe auch Kapitel *Speeding up - Kantensteine der Mittelebene richten*).

### **Sonderfall 1: Keine freien Ecksteine mehr da**

Falls man keine weiteren gelbfreien Kantensteine von der gelben (oberen) Ebene in die Mittelebene „herunterbringen“ kann, und die Ebene noch nicht gelöst ist, gibt es seitenverkehrte oder unpassende Kantensteine in der Mittelebene. Dann muss man, um weiter voran zu kommen, erst einen gelben Kantenstein der gelben Ebene mit einem der beiden vorgenannten Züge in die Mittelebene herunterbringen. Geschickterweise schaut man sich dazu vorher erst mal in der mittleren Ebene um, welchen Eckstein man gerne dort hätte und dreht die gelbe Ebene so, dass ein farblich dazu passender Eckstein der gelben Ebene über einer der beiden Seiten liegt. Und dann tauscht man einfach nach einem der beiden Kochrezepte von oben diesen Eckstein hoch: Damit ist dann der gelbe Stein in dem Ziel eingelocked. Und dann geht das Spielchen von vorne los und wir tauschen nach einem der beiden Kochrezepte diese Ecke erneut aus.

## Sonderfall 2: „wrong way flipped edge“ (Kantenstein seitenverkehrt)

Der ungünstigste Fall: Es kann vorkommen, dass der Eckstein schon dort sitzt, wo er hin muss - doch leider sind seine Farben *seitenverkehrt*. Beispiel: Der Eckstein in der rechten Frontseite, sitzt richtig, denn er befindet sich zwischen den Ebenen, die seine Farbe repräsentieren. Es sind die Ebenen blau und rot, die ja durch die Mittelsteinfarben festgelegt werden. Jedoch sitzt der Eckstein genau falsch (seitenverkehrt) herum. In diesem Fall bleibt nichts anderes übrig, als den „blockierenden“ Kantenstein der mittleren Ebene zu entfernen, zu drehen und in die Mittelebene zurückzubringen. Man könnte daraufhin auf die Idee kommen, den Würfel um 90 Grad nach links zu kippen, dann wäre der Kantenstein ja oben und danach die Farben der Kanten wie im Beispiel der „Nietmaschine“ weiter oben gezeigt, zu kippen: Was passiert dabei? Rechts würde ja dann die weiße Grundseite sein. Aber unsere „Nietmaschine“ würde diese weiße Ebene restlos zerlegen, dieser Move ist also nicht anwendbar! Es bleibt also nur: Den Stein nach oben schaffen, zu drehen und erneut einzubauen. Allerdings funktioniert das nur, wenn man das „Wegdrehen“ (weg vom Zielslot via Rotation der Würfeloberseite) in diesem Spezialfall unterlässt.

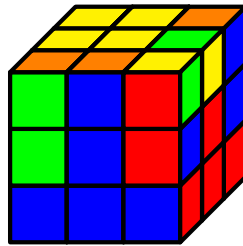


Abbildung 11:  
„Wrong way flipped edge“

Da das ganze nicht nur unnötig umständlich, sondern auch recht langsam ist, gibt es einen sehr schönen Algorithmus zur Abkürzung und lässt sich mit folgendem Sprüchlein merken: „**FOR** False-Right-Ordered (Cubies) Force Opening and Feedback“. Das erste Wort sind die 3 Moves, danach ist jedes Wort mit Ausnahme von Cubies eine Drehung und die F's sind nur Vorwärtsdrehungen, O's nur Rückwärtsdrehungen:

$$( \overset{2}{F} \overset{2}{O} ) ( R\downarrow \overset{2}{F} R\uparrow \overset{2}{O} ) ( \overset{2}{F} \overset{2}{O} \overset{2}{F} )$$

## Zur Ausführung des Moves (Fingertechnik):

Zu Beginn ist der linke Daumen an der Würfelvorderseite und der linke Zeigefinger an der Würfelrückseite. Dahingegen ist der rechte Daumen an der Würfelunterseite und der rechte Zeigefinger an der Würfeloberseite.

Die Ausführung startet damit, dass die beiden ersten Moves „in einem Zug“ gemacht werden: Hierzu zieht der rechte Zeigefinger zweimal die Frontseite nach rechts und direkt danach zieht der linke Zeigefinger, der ja an der Würfelrückseite ist, die Oberseite zweimal nach links. Noch während dies geschieht, greift man parallel dazu mit der rechten Hand um und legt den rechten Daumen auf die Würfelvorderseite und den rechten Zeigefinger auf die Würfelrückseite. Ziel ist es nämlich, die nächsten vier Moves (Step 3,4,5 und 6) ebenfalls schnell und „in einem Zug“ ausführen zu können: Das heißt, die rechte Hand zieht die rechte Würfelseite nach unten, der rechte Zeigefinger zieht unmittelbar danach zweimal die Frontseite nach rechts und der Daumen schiebt die rechte Würfelseite wieder hoch. Es übernimmt dann der linke Zeigefinger und zieht die Würfeloberseite zweimal nach links.

Noch während dieses geschieht, greift die rechte Hand erneut um und legt den rechten Zeigefinger auf die Würfeloberseite. Der rechte Zeigefinger zieht die Würfelvorderseite einmal nach rechts und wiederübernimmt der linke Zeigefinger und zieht die Würfeloberseite nach links und der rechte Zeigefinger zieht nochmals an der Würfelvorderseite und schließt den Algorithmus ab.

### Was passiert da genau bei diesem Algorithmus?

Wir gehen davon aus, dass alle anderen Kantensteine passend gemacht wurden und nur noch der falsch orientierte Kantenstein - *Wrong-way-flipped Edge-Cubie* (wwf-EC) - zu richten ist, um beide Ebenen gelöst zu haben.

**1. Move:**  ${}^2\overrightarrow{F}$

Zuerst „wandert“ der *wwf-EC* an die linke Würfeloberseite und oben taucht ein weißes Triplet an der Würfelvorderseite auf.

**2. Move:**  ${}^2\overrightarrow{O}$

Dieser Move schiebt das weiße Triplet der Würfeloberseite nach hinten.

**3. Move:**  $R\downarrow$

Dieser Move zieht die rechte Würfeloberseite nach vorne, sodass das weiße Triplet zerstückelt wird: Ein weißes Pärchen bleibt hinten stehen und ein weißer Stein kommt an die Würfelvorderseite.

**4. Move:**  ${}^2\overrightarrow{F}$

Dieser Move zieht den an der Würfelvorderseite oben rechts befindlichen weißen Stein an die linke untere Würfelvorderseite. Gleichzeitig „wandert“ der *wwf-EC* an die rechte Würfelvorderseite - er passt aber leider immer noch nicht zu den Farben der Mittelsteine, er ist also immer noch *wrong way flipped* :-)

**5. Move:**  $R\uparrow$

Dieser Move bringt den *wwf-EC* an die rechte Würfeloberseite.

**6. Move:**  ${}^2\overrightarrow{O}$

Dieser Move bringt den *wwf-EC* an die linke Würfeloberseite.

**7. Move:**  $\overrightarrow{F}$

Dieser Move zieht den „einsamen“ weißen Cubie an die linke obere Würfecke.

**8. Move:**  $\overrightarrow{O}$

Dieser Move vereinigt den „einsamen“ weißen Cubie mit dem auf der rechten Würfeloberseite vorne stehenden weißen Pärchen und bildet erneut das weiße Triplet. Gleichzeitig erscheinen 6 farblich gleiche Cubies an der Würfelvorderseite (2 farbgleiche Triplets).

**9. Move:**  $\overrightarrow{F}$

Dieser letzte Move schiebt alles an seinen finalen Platz: Die 6 farbgleichen Cubies werden gedreht und das weiße Triplet wird mit den restlichen weißen Cubies der Würfelunterseite wieder vereinigt, so dass jetzt alles zueinander passt und der ehemals *wwf-EC* nun ein korrekt ausgerichteter Edge-Cubie (Kantenstein) geworden ist.

Hat man die mittlere Ebene gelöst, dreht man den Würfel um und damit haben wir den Zustand 2FL erreicht:

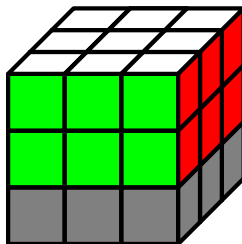


Abbildung 12:  
Zwischenziel erreicht: 2FL

## 9 Vierter Schritt: Die gelbe Oberfläche (OLL)

### 9.1 Vorbemerkungen

Je nach Zufall und Ausgangskonstellation des Zauberwürfels haben wir zeitgleich mit dem Zustand 2FL auch ein bestimmtes Motiv auf der gelben Oberseite des Zauberwürfels erhalten. Im einfachsten Fall ist dies ein gelber Mittelpunkt. Unsere Anleitung setzt auf diesem Motiv auf. Es kann aber auch sein, dass bestimmte Motive, die wir sukzessive erreichen wollen, schon auf der Oberseite vorhanden sind, wenn sich nämlich einige Flächen zufällig so um den gelben Mittelstein gruppiert haben, dass sie schon ein passendes Motiv darstellen. Dem entsprechend müssen wir dann natürlich weniger tun und können einige der hier dargestellten Unterpunkte überspringen.

### 9.2 Teilschritt: Einen gelben Winkel machen (erster „Balken-Move“)

#### Ausgangslage:

Eine mögliche Ausgangskonstellation ist, dass wir nur einen gelben Punkt haben, etwa so:

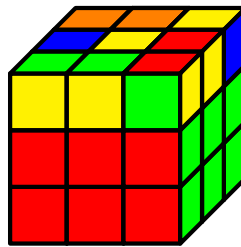


Abbildung 13:  
Eine der möglichen Konstellationen:  
Nur ein gelber Punkt vorhanden...

Wieder sorgen wir dafür, dass **die gelbe Ebene nach oben zeigt**. Wir wollen nun - ausgehend vom Motiv „Gelber Punkt“ auf der Würfeloberseite einen gelben Winkel erzeugen (manche sagen auch: „gelbe Ecklinie“ oder „gelbes L“). Warum? - Weil es die Vorbereitung für einen Querbalken sein wird. Wichtig ist, dass man den Winkel auch dann erkennt, wenn es weitere gelbe Felder daneben gibt. Damit ist der schon bestehende Winkel nicht so gut sichtbar - Das soll uns aber nicht stören! Aber der Reihe nach:

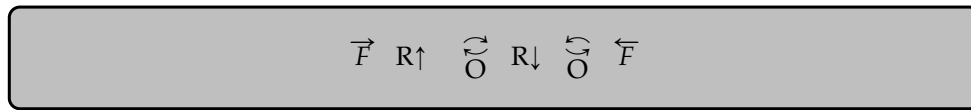
#### Zunächst ist völlig egal:

- mit welcher Seitenfarbe man weitermacht!
- welche Seitenfarbe der in Frontrichtung zeigende Kantenstein hat und ob er dazu „passt“
- ob der in Frontrichtung zeigende Kantenstein oben eine gelbe Seite hat
- ob der in Frontrichtung zeigende Kantenstein überhaupt eine gelbe Seite hat
- ob es neben dem gelben Mittelstein noch weitere gelbe Flächen auf der Oberseite gibt.

#### Wichtig sind hier nur folgende Punkte:

- Die weiße Seite ist gelöst und zeigt nach unten
- Auf jeder Seite sind die unteren zwei Ebenen gelöst (2 Reihen mit je 3 farbgleichen Steinen)
- Der gelbe Mittelstein zeigt nach oben
- Und somit: Die gelbe Ebene zeigt nach oben

Zunächst wollen wir eine gelbe Ecklinie (auch gelber Winkel bzw. gelbes „L“) hinbekommen. Dazu führen wir erstmalig einen so genannten „Balken-Move“ aus. Und der geht wie folgt:



(„Der Balken-Move“ - Die gelbe Ebene ist beim Drehen oben sichtbar.)

Auch hier hat man Kontrollpunkte um die Korrektheit zu überprüfen: Beim 1. Move wird an der Frontseite links ein weißes Triplet sichtbar, beim 2. Move sind an der rechten Frontseite 2 weiße Flächen sichtbar.

Analysieren wir diese Zugfolge, fällt uns auf, dass zunächst drei Moves in Rechtsdrehung erfolgen, danach 3 Moves in Linksdrehung, diese bewirken ein Reparieren bzw. Wieder-Zusammenführen der unteren weißen Ebene.

Wie merkt man sich diese Zugfolge?

Da mir auf Anhieb kein cooles Bild eingefallen ist, das sich im Kopf festsetzen konnte, musste es halt ein Merkspruch richten. Die jeweiligen Wortanfänge stellen dabei die Seite dar, an der etwas geschieht. Wir beginnen mit einer rechten Drehung. Damit wir uns das merken können, heißt das 2. Wort des Merkspruchs „änder“. Die Assoziation ist also: **Rechtshänder** = **Rechtsdrehung**. Der Merksatz geht weiter und es taucht das Wort „rückwärts“ auf. Und das symbolisiert die Umkehrung der bisherigen Drehrichtung, denn ab da wird dann nur noch links gedreht. Nun zum Merkspruch. Er geht so:

„Freundliche Rechtshänder Operieren Rückwärts Ohne Fehler.“

(RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG)

**Ganz wichtig ist beim Balken-Move, dass man das Ergebnis richtig interpretiert und weiterverarbeitet!**

Man sucht hierzu nach einem kleinen gelben „L“ auf der Oberfläche (auch seitenverkehrt). Findet man ein solches, muss man den Würfel so drehen, dass es oben an der hinteren linken Ecke Würfecke zu sehen ist - *Vergisst man das, kommt man nicht voran!*

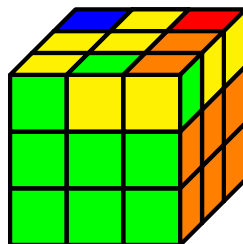


Abbildung 14:  
Obwohl schlecht zu sehen:  
Ein gelber Winkel



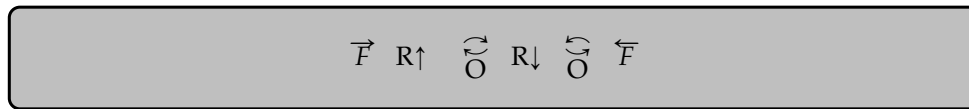
### 9.3 Teilschritt: Einen gelben Balken machen (zweiter „Balken-Move“)

Nachdem wir einen Winkel haben, können wir weitermachen. Allerdings müssen wir etwas kontrollieren, bevor wir weitermachen und das gegebenenfalls korrigieren:

#### Vorbereitung:

Um weiter zu kommen, müssen wir den gelben Winkel in die linke hintere Würfecke drehen.

Und dann machen wir den Balken-Move gerade noch einmal:



(Zweiter „Balken-Move“ - Die gelbe Ebene ist beim Drehen oben sichtbar.)

Nochmals unser Zauber(würfel)spruch:

„F reundliche R echtshänder O perieren R ückwärts O hne F ehler.“

(RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG)

und siehe da: Es ist möglicherweise ein Balken entstanden. Wichtig ist, dass wir den Zauberwürfel nun so hindrehen, dass dieser Balken quer und nicht längs der Oberfläche verläuft:

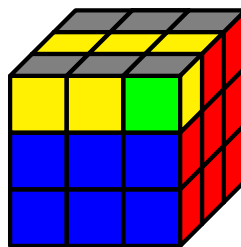


Abbildung 15:  
Gelber Querbalken

Es kann aber auch sein, dass zunächst kein wirklich passendes Motiv entsteht, und bei erneuter Anwendung des Moves plötzlich der Fisch (siehe weiter unten) auftaucht.

## 9.4 Teilschritt: Gelbes Kreuz, Acht, Space Invader (dritter „Balken-Move“)

Nun wird man's kaum glauben: Wir machen aus dem Motiv „Gelber Balken“ heraus erneut **und zum dritten Mal den „Balken-Move!“**

### Vorsicht Fehlerfalle:

In jedem Fall müssen wir darauf achten, dass der **gelbe Balken quer** liegt.

Was nicht mehr sein muss, **weil das gar nicht geht**: Dass die farbige Seite des Kantensteins der gelben Ebene *auch farblich zum Mittelstein der Frontalseite passt*. Einfach den gelben Mittelbalken quer haben, falls nein, dann den Würfel global drehen - Gut ist und dann halt anfangen. - *Nur Mut!*

$\overrightarrow{F}$   $R\uparrow$   $\overrightarrow{O}$   $R\downarrow$   $\overleftarrow{O}$   $\overleftarrow{F}$

(„Der dritte Balken-Move“ - macht ein gelbes Kreuz oder andere lustige Bilder mit Kreuz drin)

Und ein letztes Mal sagen wir unser Zauber(würfel)spruch auf:

„F<sub>reundliche</sub> R<sub>echtshänder</sub> O<sub>perieren</sub> R<sub>ückwärts</sub> O<sub>hne</sub> F<sub>ehler</sub>.“

(RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   RECHTSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG   LINKSDREHUNG)

### **Erstes und zweites mögliches Ergebnis: Ein ganz normales Kreuz mit seitlichen Strahlern**

Hiervon gibt es zwei verschiedene Varianten. Hierzu betrachten wir die Seitenflächen der gelben Ebene: Hier gibt es auf mindestens einer Würfelseite zwei gelbe Farbflächen. Ich bezeichne sie mal als „Strahler“. Bei der ersten Variante liegen sich die beiden Strahler gegenüber, bei der zweiten Variante gibt es nur einen „Strahler“ und die beiden anderen gelben Seitenflächen befinden sich (je eine) seitlich zu dem einzigen „Strahlerpaar“.

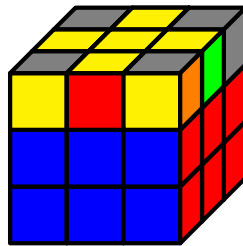


Abbildung 16:  
Gelbes Kreuz der Variante 1

### **Drittes und viertes mögliches Ergebnis: Ein Space Invader**

Auch hier hat man ein Kreuz - aber mit etwas Phantasie, entdeckt man noch mehr: nämlich einen Space Invader! - Das ist der Fall, wenn man zwei gelbe Dreierreihen hintereinander auf der Oberfläche und davor in der Mitte noch ein einzelnes gelbes Feld hat. Auch hiervon gibt es zwei verschiedene Varianten. Hierzu betrachten wir die Seitenflächen der gelben Ebene: In der Variante 1 sind zwei gelbe Flächen (nennen wir sie mal „Schussvorrichtungen“) in Verlängerung des Kopfes des Space Invaders angebracht, in der Variante 2 befindet sich jeweils eine „Schussvorrichtung“ seitlich. Die Variante 1 mit der frontalen Schussvorrichtung sieht wie folgt aus:

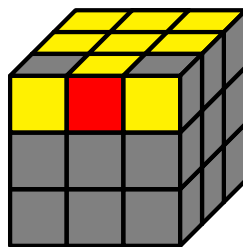


Abbildung 17:  
Space Invader, Variante 1

Der Space Invader kann auch so aussehen, dass seine Schussvorrichtungen „seitlich vom Kopf“ angebracht sind: Dann befindet sich auf jeder Seite je eine Schussvorrichtung:

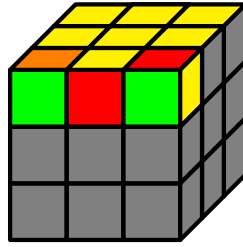


Abbildung 18:  
Space Invader, Variante 2

#### **Fünftes mögliches Ergebnis: Eine angedeutete Acht**

Auch eine liegende 8 kann auf der gelben Oberseite entstehen.

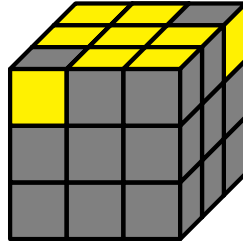


Abbildung 19:  
Eine liegende 8

## 9.5 Teilschritt: Fisch-Abbild (1. Sune-Algorithmus bzw. 1. „Fisch-Move“)

### Vorbemerkung 1:

Dieser Teilschritt kann übersprungen werden, wenn unser letztes Ergebnis bereits ein nach links orientierter Fisch ist. Ist er nach rechts orientiert, überspringen wir diesen Teilschritt auch, müssen aber später daran denken, dass wir den zweiten Fisch-Move, mit dem wir im nächsten Schritt die gelbe Fläche erzeugen wollen, mit links, statt mit rechts machen müssen.

### Vorbemerkung 2:

Ziel ist die Erzeugung eines nach links orientierten Fisch-Abbildes auf der gelben Ebene. Und je nachdem, welches Ergebnis wir im vorigen Schritt erzielt haben, fangen wir an. Da die Startposition, mit der wir mit dem Move beginnen wichtig ist, machen wir zunächst eine Fallunterscheidung, wie wir die einzelnen Ergebnisbilder des vorigen Teilschritts ausrichten (d.h. wie wir den Zauberwürfel ausrichten müssen, bevor wir den Fisch-Move machen können).

**Kreuz in der Variante 1 oder 2:** Hier drehen wir den Zauberwürfel so, dass das „Strahlerpaar“ bzw. eine der gelben seitlichen Flächen nach links zeigt.

**Space Invader Variante 1:** Hier drehen wir den Zauberwürfel so, dass auf der Frontseite die beiden Schussvorrichtungen zu sehen sind.

**Space Invader Variante 2:** Hier drehen wir den Zauberwürfel so, dass die seitliche Schussvorrichtungen auf der Frontseite links zu uns zeigt.

**Eine liegende Acht:** Hier drehen wir den Zauberwürfel so, dass die Acht zur linken Seite des Würfels nach hinten geneigt ist und dass an der Frontseite in der gelben Ebene vorne links ein gelbes Plättchen erscheint, ebenso an der rechten Würfelseite hinten.

Haben wir den Zauberwürfel passend zur Situation ausgerichtet, geht's auch schon los. Der „Fisch-Move“, auch **Sune-Algorithmus** genannt, geht - ausgehend von obigen Anfangsbildern - wie folgt:

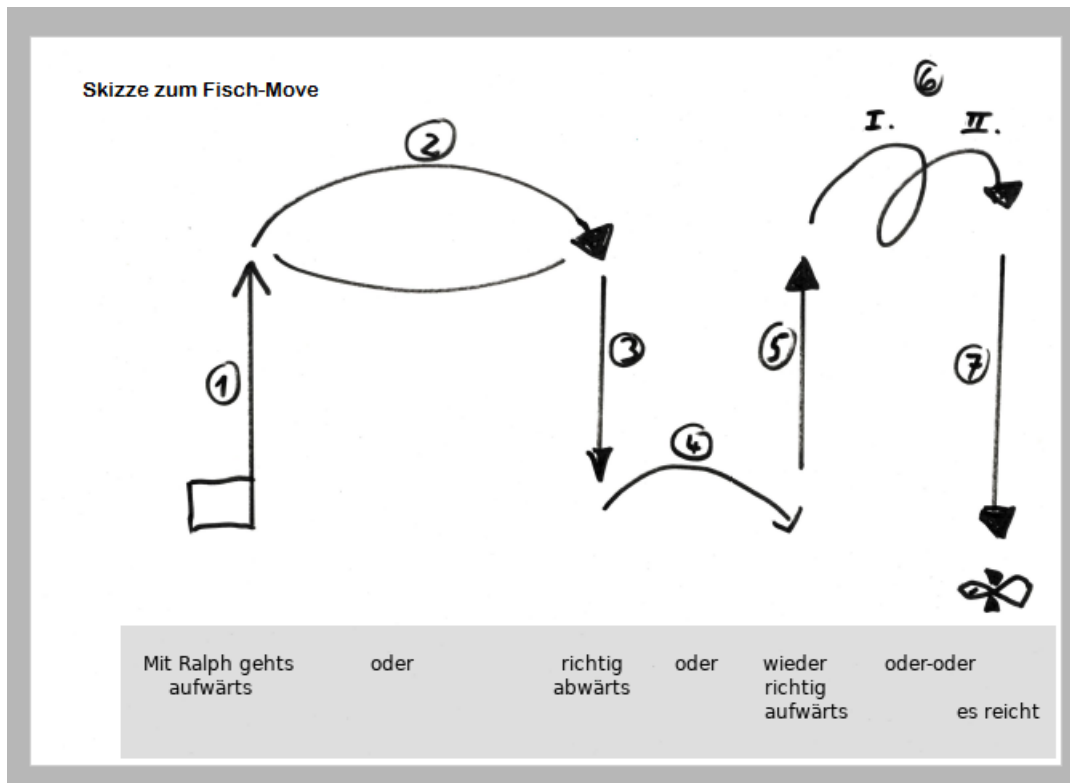
$R\uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \quad \overset{\curvearrowleft}{O} \quad R\uparrow \quad \overset{2}{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow$

(1. regulärer Fisch-Move (bzw. Sune-Algorithmus): Oberseite nur rechtsdrehend, die rechte Seite abwechselnd auf und ab → Erzeugt das Fisch-Abbild

Wie kann man sich diesen Move merken? Keine Ahnung. Irgend etwas mit: „Man dreht oben immer nur vorwärts und rechts abwechselnd hoch und runter“. Oder auch etwas ganz anderes, wie einen persönlichen Merkspruch (man beachte die schöne Symmetrie des Textes ;-):

„Mit **R**alph gehts aufwärts.  
**O**der **R**ichtig abwärts  
**O**der wieder **R**ichtig aufwärts  
**O**der **O**der es **R**eicht.“

Da ich einige Schwierigkeiten hatte, mir dem Fisch-Move zu merken, habe ich mir auch noch eine Skizze dazu gemalt. Nichts besonders, es ging mir nur darum, die Vorgehensweise gehirn-gerecht einzuprägen: Es beginnt mit einer Vorwärts-Drehung der rechten Würfelseite (unten ist der Würfel angedeutet), danach die Rechtsdrehung der Oberseite...undsoweiter. Einfach die Skizze gegen die Formel halten - beide wollen im Endergebnis dasselbe aussagen.



### Hintergrundinformationen zum Sune-Algorithmus:

Der Sune Move wurde von Lars Petrus entwickelt. Der Name „Sune“ ist ein schwedischer männlicher Vorname, mit der Bedeutung „der Sohn“. Der Move wurde auch als Anti-Chair bezeichnet. Es existieren diverse Variante des Sune Moves: Anti-Sune (der Chair Move), Fat Sune, Anti Fat Sune und Double Sune.

Als Ergebnis des 1. Fisch-Moves (bzw. 1. Sune-Algorithmus) haben wir einen nach links orientierten Fisch:

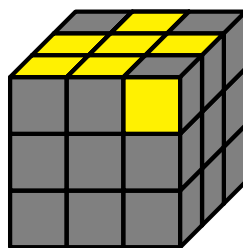
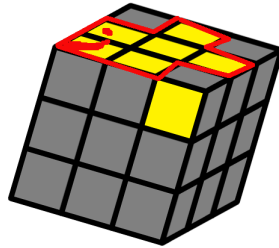


Abbildung 20:  
Gelber links orientierter Fisch

By the way: *Du siehst den Fisch nicht?* - Ok ich drehe den Würfel mal im Raum und kennzeichne die Fischumrisse. Im übrigen: manche sprechen von dem gelben Punkt an der Frontseite auch von „Fischfutter“ - ich finde das eine lustige Idee....So, damit sollte es nun klarer sein, was der Fisch ist:



## 9.6 Teilschritt: Gelbe Fläche (2. Sune-Algorithmus bzw. 2. „Fisch-Move“)

### Regelfall: Links orientierter Fisch → gelbe Fläche

Im Regelfall haben wir mit dem vorangegangenen Move einen links orientierten Fisch erzeugt. Dann befindet sich auf der gleichen Seite wie der Kopf ein gelber Punkt. Hier müssen wir unseren rechten Daumen ansetzen und machen erneut den Fisch-Move von gerade eben (einfach nochmal wiederholen):

$R\uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\uparrow \quad \overset{2}{\overset{\curvearrowright}{O}} \quad R\downarrow$

(2. regulärer Fisch-Move - auch 2. Sune-Algorithmus: Oberseite nur rechtsdrehend

Die rechte Seite abwechselnd auf und ab → Erzeugt gelbe Fläche



## 9.7 Zwischen-Zustand: OLL (Orientation of the Last Layer)

Wir können die dargestellten Motive und Moves in folgender Abbildung zusammenfassen:

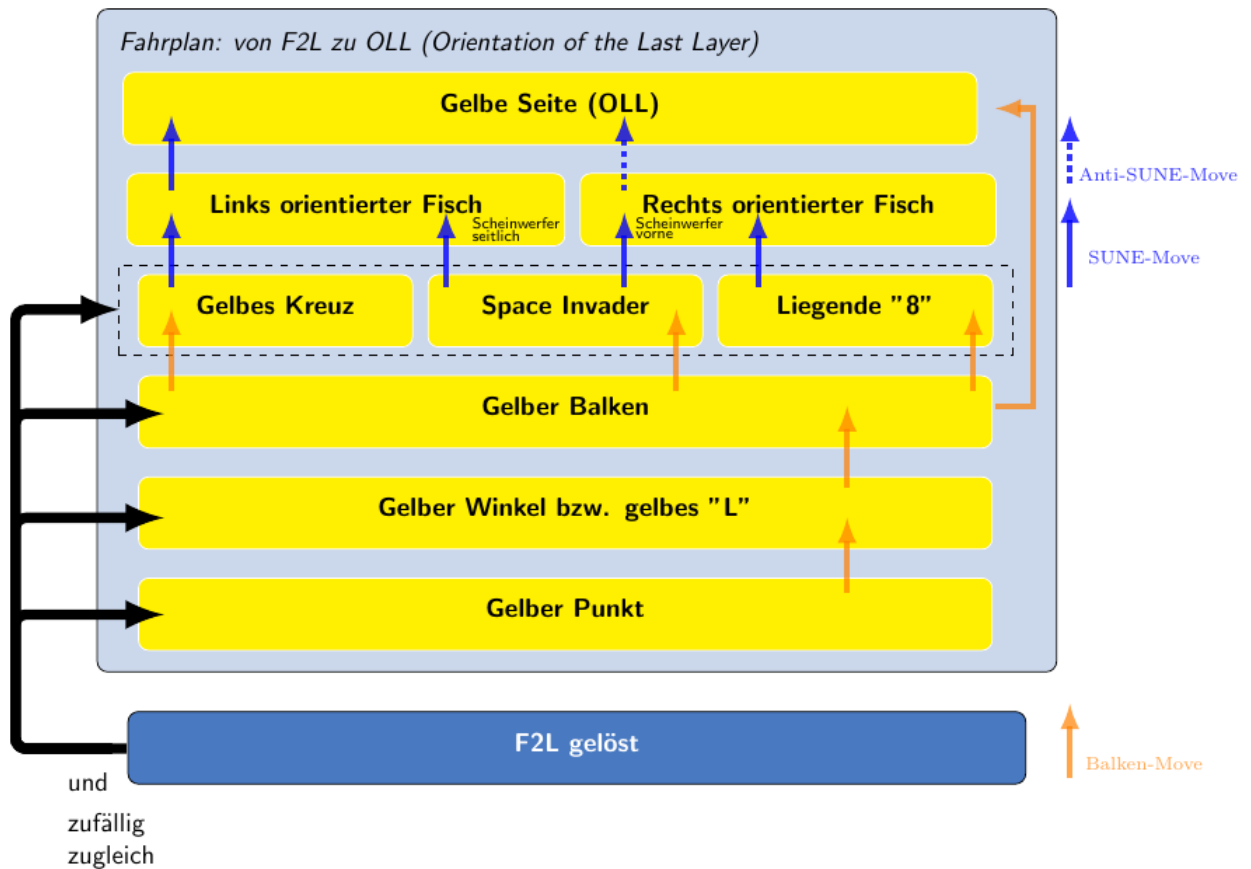


Abbildung 21:  
Von 2FL nach OLL

Im Ergebnis haben wir eine gelbe Fläche erzeugt. Diesen Zustand bezeichnet man auch als „OLL“ (Orientation of the Last Layer): Es sind dann nur noch Kanten- und Ecksteine der letzten (der gelben) Ebene zu richten, die gelbe Oberseite und die beiden „unteren“ Layers sind bereits in Ordnung.

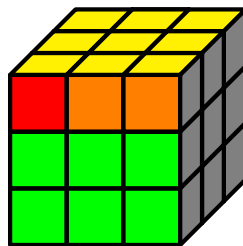


Abbildung 22:  
Gelbe Fläche aus  
links orientiertem Fisch

### Sonderfall: Rechts orientierter Fisch → gelbe Fläche

Wie bereits im letzten Unterkapitel bemerkt, kann es sein, dass man einen **rechts orientierten Fisch** hat: Dann muss man mit der **linken Hand** einen Fisch-Move machen, um die gelbe Fläche zu bekommen.

Beispiel:

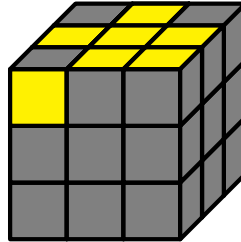


Abbildung 23:  
Sonderfall:  
Rechts orientierter Fisch

In diesem Sonderfall befindet sich auf der linken Frontalseite des Würfels ein gelber Punkt. Hier müssen wir unseren linken Daumen ansetzen und machen einen Fisch-Move machen, aber mit linken Drehbewegungen:

↑L ↺<sub>O</sub> ↓L ↺<sub>O</sub> ↑L <sup>2</sup>↺<sub>O</sub> ↓L

(Sonderfall: „Seitenverkehrter“ Fisch-Move - Oberseite nur linksdrehend: Erzeuge gelbe Fläche)

Auch hier haben wir eine gelbe Fläche erzeugt und wie beim „Normalfall“ den Zustand OLL (Orientation of the Last Layer) erreicht:

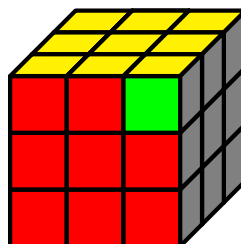


Abbildung 24:  
Gelbe Fläche aus rechts orientiertem Fisch

## 10 Fünfter Schritt: Fertigstellung des Würfels (PLL)

Der fünfte Schritt besteht aus zwei Teilschritten und löst den Würfel komplett. Der fünfte Schritt wird auch als PLL (Permutation of the Last Layer) bezeichnet. Der Lösungsweg für LbL (Layer by Layer) ist also: *Weißes Kreuz* → *F2L* → *OLL* → *PLL* → *Cube gelöst*.

### 10.1 Kantensteinkarussell: Sortierung gelber Kantensteine via Dreieckstausch

Nachdem wir nun die gelbe Fläche haben, ist der Würfel beinahe komplett sortiert. Nun fehlen uns noch die Kantensteine in der gelben Fläche. Diese sortieren wir nun passend zu den Mittelsteinen. Und das geht wie folgt: **Wir drehen die gelbe Ebene testweise einmal so, dass möglichst viele Kantensteine der gelben Ebene farblich zu der entsprechenden Seite passen. Wichtig ist, dass wir prüfen, ob wirklich nur eine Seite passt. Wenn zwei Seiten gleichzeitig passen, dann müssen wir die Würfeloberseite einmal gegenden Uhrzeigersinn drehen, dann passt nur noch die hintere Würfelseite.** Danach drehen wir den Würfel (global) wieder so, dass die passende Seite frontal zu uns zeigt.

Okay, wenden wir passenden Move an. Alle Welt spricht dabei vom LRRL-Move, den Merksatz dazu gebe ich nicht wieder, damit er sich nicht festsetzt. - Alle? - Nein! Ein paar Leute sprechen lieber vom Kantenstein-Karussell. Der Grund ist: Der LRRL-Merksatz bezieht sich nicht auf die Drehrichtung der Oberseite, sondern, wie sich die Frontseite optisch wegdreht. Und das verwirrt mich, weil es zur Drehangabe der Oberseite entgegengesetzt ist. Daher baue ich mir für den ersten Teil eine eigene Merkhilfe ganz anderer Natur, wobei der erste Buchstabe die rechte Seite und der zweite Buchstabe die Oberseitendrehung beschreibt:

**Zugfolge:**

**RR/OR - RR/OL - RR/OL - RR/OR - RH/OR - 2R**

Rechts: runter!	Rechts: runter!	Rechts: runter!	Rechts: runter!	Rechts: hoch!	Rechts: zweimal
Oben: rechts!	Oben: links!	Oben: links!	Oben: rechts!	Oben: rechts!	runter!

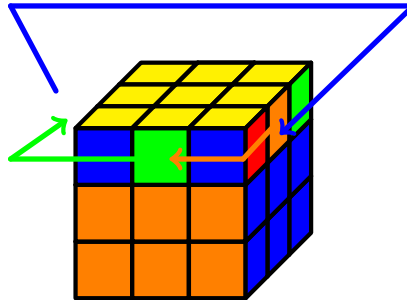
$(R\downarrow \overset{\circlearrowright}{O} \quad R\downarrow \overset{\circlearrowleft}{O} \quad R\downarrow \overset{\circlearrowright}{O} \quad R\downarrow \overset{\circlearrowleft}{O}) + R\uparrow \overset{\circlearrowright}{O} \quad 2R\downarrow$

(Dreieckstausch gelber Kantensteine)

Auch hier habe ich mir eine Eselsbrücke gebaut. Sie ist graphischer Art und erinnert mich an folgendes:

$$\begin{bmatrix} \text{Rechts Runter u. oben rechts} \\ \text{Rechts Runter u. oben links} \\ \text{Rechts Runter u. oben links} \\ \text{Rechts Runter u. oben rechts} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \text{Rechts} & \mathbf{H} & \text{och} & \text{u.} & \text{oben} & \text{rechts} \\ & \downarrow \downarrow & & & & \text{Rechts zweimal runter} \end{matrix}$$

Um das ganze zu verdeutlichen, drehen wir mal den Würfel von der Frontseite auf die Rückseite (nur zum Zeigen, was gemeint ist!!!)



Hier sieht man schön: Die Korrektur erfolgt im Uhrzeigersinn. Und zwar: Die seitlich vorhandene orangene Fläche wandert von der Stelle weg, wo sie stört, und zwar im Uhrzeigersinn an die Rückseite wo sie zur orangenen Fläche passt. Gleichzeitig wandert die grüne Fläche, die in der orangenen Fläche gestört hat weiter an die grüne Fläche, die sich immer gegenüber der blauen befindet. Auf der grünen Fläche gibt es einen störenden blauen Stein (hier nicht sichtbar, ich habe das aber nachgeprüft - es ist so!), der dann wieder zurück auf die blaue Seite geschoben wird, wo jetzt noch die orangene Fläche stört. Mit anderen Worten: orange wandert zu orange, grün wandert zu grün und blau wandert zu blau.

### Beispiel zum Sonderfall: Zweimaliger Kantenstein-Dreieckstausch erforderlich:

Wie bereits dargestellt, kann es sein, dass unsere eingangs erwähnte Prüfung ergibt, dass gleichzeitig die Farbe von zwei gelbe Kantensteine zur jeweiligen Farbe der seitlichen Ebene (also des Mittelsteins dieser Ebene) passen. Dann muss man **zweimal den Dreieckstausch** der gelben Kantensteine durchführen. Auch hierzu ein Beispiel der Ausgangslage, wie sich das von der Rückseite des Zauberwürfels her darstellt:

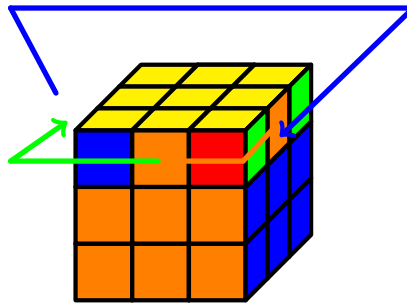


Abbildung 26:  
Würfelrückseite: Zweimaliger  
Kantenstein-Dreieckstausch  
erforderlich

Was haben wir jetzt gewonnen, wie ist der Zwischenstand? - Alle seitlichen Flächen sind korrekt, bis auf die Ecksteine der gelben Ebene:

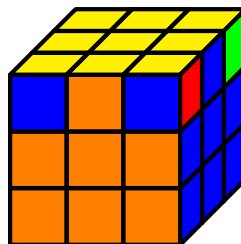


Abbildung 27:  
Alles bis auf obere Ecksteine fertig

## 10.2 Das Finale - Der „Telefon-Move“

Mit diesem wieder etwas kürzeren Move bringen wir nun die Ecksteine in Ordnung. Allerdings geschieht das ganze im Gegensatz zum Move vorher gegen den Uhrzeigersinn. Auch hier sortieren wir hier nur drei von vier „Steinen“ - nämlich die Ecksteine, und zwar unten links, unten rechts und oben rechts, jedoch nicht den Eckstein oben links. Es kann auch sein, dass man den Telefon-Move **bis zu drei Mal** machen muss, um den Würfel komplett sortiert zu bekommen. Doch dazu weiter unten mehr. Um den Move richtig auszuführen tun wir als Allererstes das folgende:

**Zunächst drehen wir den Zauberwürfel so, dass die gelbe Ebene **frontal nach vorne** zeigt.**

Nun gibt es 2 Fälle:

**Fall A: Entweder wir finden einen gelben Eckstein, der farblich zu den anderen Seiten passt:** Dann wenden wir den Telefon-Move an, um alle andern Ecksteine direkt (oder mit maximal einem weiteren Telefon-Move) in die richtige Position zu bringen und sind fertig mit dem Würfel. *Hierzu stellen wir den „richtig“ stehenden Eckstein in die **linke obere Ecke**.*

**Fall B: Oder wir finden keinen einzigen gelben Eckstein, der farblich zu den anderen Seiten passt:** Dann wenden wir den Telefon-Move trotzdem an, um mindestens einen farblich richtig stehenden Eckstein zu bekommen. Und dann machen wir einfach nochmal gemäß Fall A. den finalen Telefon-Move.

Und jetzt kommt die Idee ins Spiel: *Wir stellen uns vor, die gelbe Seite sei ein Telefon mit den Ziffern von 1 bis 9. Falls es eine „farblich richtig stehende“ gelbe Ecke gibt, drehen wir den Würfel so, dass diese Ecke oben links steht. Steht keine Ecke richtig, müssen wir den Move trotzdem einmal machen, dann steht mindestens eine Ecke richtig. Und dann müssen wir das aber nochmal machen, um alle Ecken richtig hinzubekommen. Damit können wir die „Telefontasten“ durchnummerieren: Und nun dreht sich alles wortwörtlich um die Taste 3.*

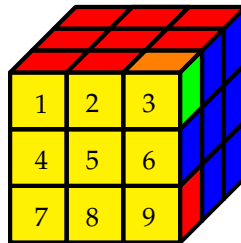


Abbildung 28:  
Die Idee: Ein Tastentelefon...

Ein Tipp: Wichtig ist, dass man die ersten drei Moves immer im Flow zusammen macht.

Wie geht nun der Move?

$$(R\uparrow \overset{\curvearrowright}{O} R\uparrow) \quad {}^2\overline{U} \quad R\downarrow \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\uparrow \quad {}^2\overline{U}) + R\uparrow$$

(**Finaler Move:** Manche machen auch zwei gleichgerichtete 180-Grad-Drehungen unten - ist vom Ergebnis aber das gleiche)

*Auch diese etwas komplizierte Move-Sequenz bietet mehrere Möglichkeiten, die Situation zu kontrollieren: Mit dem 3. Move kommt auf der rechten Würfelvorderseite ein weißes Triplet hoch. Das Triplet bezeichnen wir als ein „I“. Der 4. Move macht aus dem „I“ ein verkehrt herum stehendes „L“. Beim 5. Move „duckt“ sich das „L“ nach unten weg und es bleibt unten davon nur noch ein einzelner weißer Kantenstein übrig. Mit dem darauf folgenden 6. Move erscheint auf der Würfelvorderseite links ein gelbes Quadrat. Wenn man das nicht sieht, weiß man sofort, dass etwas schief gelaufen ist. Mit dem 7. Move kommt das „L“ rechts wieder hoch. Mit dem 8. Move wird das „L“ wieder zu einem „I“. Danach drehen wir dann noch rechts solange weiter, bis wir wieder die gelbe Fläche sehen.*

## Eselsbrücke

Um mir die Zugfolge besser einprägen zu können, habe ich mir folgendes ausgedacht (es ist daher nur als Anregung zu verstehen, sich etwas ähnliches auszudenken):

- Ausgangslage: Es ist Winter. Ich stehe in meinem Haus im Erdgeschoss.
- 1. Move: Ich gehe zum Zimmer meiner Tochter im 1. Obergeschoss.
- 2. Move: Da es sehr kalt ist, drehe ich die Heizung hoch. (O steht für das chem. Symbol H<sub>2</sub>O - also Wasser des Heizkreislaufes.)
- 3. Move: Ich geh ins Dachgeschoss. Dort ist es schön warm - nichts zu tun. Lege mich hin und beginne mit meinem Winterschlaf.
- 4. Move: Es wird Frühjahr und dann Sommer. U steht für Uhr (Zeit) und 2 deutet die Quartale an. Die Zeit läuft vorwärts.
- 5. Move: Es ist Sommer. Ich wache auf und gehe zu Sophia runter.
- 6. Move: Da es Sommer ist, muss ich endlich ihren Heizkörper (o)ben zudrehen (O steht wieder für den Heizkreislauf.)
- 7. Move: Ich gehe wieder hoch ins Dachgeschoss.
- 8. Move: Ich mache einen Zeitsprung zurück: 2 Quartale. Es ist wieder Winter! - (und „U“ steht für die Zeit)
- 9. Move: Vom Dachgeschoss aus, gehe ich weiter zum Dachboden und kontrolliere von innen die Dachziegel: Nichts zu tun!

Danach sind in der Regel die gelben Ecksteine sortiert - und wir sind mit dem Würfel fertig!

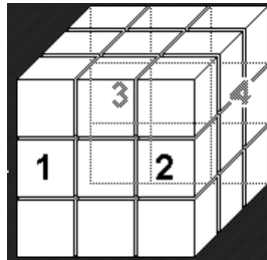
Oder wir haben mindestens eine richtig stehende Ecke und machen den Move noch einmal und sind dann fertig.

## 11 Speeding Up: Wie werde ich schneller?

Um einen Rubik-Zauberwürfel schnell drehen zu können, bedarf es neben einer guten Geläufigkeit der Move-Sequenzen (üben üben üben!) und einem sich sehr gut drehenden Würfel (Speedcube) auch der richtigen Würfelhaltung und Fingertricks. In der Regel werden alle Finger, mit Ausnahme des kleinen Fingers eingesetzt.

### 11.1 Würfel-Grundhaltung

Um den Würfel schnell drehen zu können, muss man ihn erstmal richtig halten! Man darf den Würfel nicht ganz festhalten sondern sollte nur ein paar Finger benutzen, damit die restlichen Finger für Bewegungen verfügbar sind. Jeder hält den Würfel etwas anders, aber im allgemeinen hält man ihn so, dass an der Würfelrückseite auf jeder Ebene präzise ein Finger liegt.



- Die beiden Daumen kommen auf die frontale Position 1 und 2
- Die Zeigefinger, Mittelfinger und Ringfinger kommen auf die kontralaterale (rückseitige) Position 3 und 4 (Weitere Details: unten)
- Die Zeigefinger sind nun für die lateralen (seitlichen) Bewegungen der oberen Ebene zuständig!



## 11.2 Rotation der Würfeloberfläche (Finger-Tricks)

Anfänger halten den Würfel links in der Hand und drehen mit der gesamten rechten Hand die Oberseite des Zauberwürfels („wie einen Gefäßdeckel“). Das kostet zu viel Zeit. Schneller geht es, wenn man den Würfel mit den vier Fingern wie im Bild oben gezeigt, festhält und dann einfach mit dem rechten oder linken Zeigefinger die Oberseite „zu sich herzieht“. Dabei darf der andere, nicht benutzte Zeigefinger an der Würfelseite schleifen, jedoch keinesfalls blockieren!

Die unterste Ebene kann man mit dem Ringfinger zu sich heranziehen und somit viel schneller drehen.

Ganz viel Zeit geht verloren, wenn man die Frontebene mit der ganzen Hand dreht. Viel schneller geht das, wenn man mit demjenigen Daumen den Würfel unten festhält, der dem Drehziel gegenüber steht, also rechter Daumen für eine Linksdrehung der Frontalseite und den Würfel um 45 Grad nach hinten in den Raum kippt und die Drehung dann mit den Zeigefingern ausführt. Danach richtet man den Würfel als ganzes wieder senkrecht im Raum auf - fertig.

Schwieriger sind Drehungen der rechten und linken Ebenenseiten, die vom eigenen Körper weg führen. Hier bietet es sich an, zuerst mit der Hand nach unten umzugreifen und dann die Drehbewegung auszuführen, weil man im Anschluss dann gleich mit den Zeigefingern wie gehabt weiterarbeiten kann. Dreht man erst und greift dann um, kann man mit den Zeigefingern keine guten (herziehenden) Drehbewegungen machen: Also: *Erst umgreifen, dann seitlich drehen!*

### 11.3 Anmerkungen zum „Speeding up“

Ausgangspunkt des „Speeding up“ ist die Tatsache, dass ich - nachdem ich die vorgenannten Moves einigermaßen (sagen wir zu 95 Prozent) sicher lösen konnte, etwa 6 Minuten gebraucht hatte, um den Würfel komplett zu lösen. Eine recht schlechte Zeit. Daher habe ich mir überlegt, wie man die Zeiten herunterdrücken kann, ohne gleich zum Berufs-Cuber zu werden:-)

### 11.4 Speeding up: Ecksteine der weißen Ebene

**Vorbemerkung:** Die nachfolgenden Ausführungen beschleunigen den Aufbau der weißen Fläche, die man braucht, wenn man nach der Anfängermethode („Beginners“) vorgeht und der Lbl-Methode (layer by layer) bleiben möchte. Wenn man auf die Fridrich-Methode umschwenkt, muss man nachfolgende Ideen aufgeben, denn dort wird zuerst das weiße Kreuz gelöst, danach aber die beiden unteren Layers und die weiße Unterseite **simultan** gelöst.

Wer sich dennoch nicht aufhalten lassen will - bitte:

Bisher hatten wir nach dem Gänseblümchen die Seiten nach unten gedreht und dann den Würfel global nach unten gedreht, um die weiße Fläche herzustellen. Nachdem dies dann gelungen war, haben wir den Würfel erneut global nach oben gedreht um die ersten beiden Layer zu richten. Das kostet sehr viel Zeit. Die Idee ist nun, dass man die gelbe Seite konsequent oben lässt und die Moves anpasst. Das erfordert natürlich ein wenig „Umdenken“. Denn nun betrachten wir in erster Linie Ecksteine auf der gelben Ebene. Sollte sich ein weißer Eckstein auf der unteren weißen Ebene befinden, müssen wir ihn zunächst hochschaffen. Doch der Reihe nach: Wir wenden uns zunächst Ecksteinen zu, die auf der gelben Ebene sind.

Eigentlich haben wir dieselben Fälle wie in der Anfänger-Anleitung schon gezeigt. Nur das ganze auf den Kopf gestellt. Allerdings bearbeiten wir die Fallkonstellationen ein wenig anders, um Zeit zu gewinnen. Wir unterscheiden dem entsprechend, wie der betreffende weiße Eckstein in der gelben Ebene „steht“ folgende Fälle:

- A. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach links und befindet sich oben links
- B. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach rechts und befindet sich oben rechts
- C. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach vorne und befindet sich oben links
- D. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach vorne und befindet sich oben rechts
- E. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach oben und befindet sich oben links
- F. Die weiße Seite des Ecksteins zeigt nach oben und befindet sich oben rechts

Auch hier gilt: *Es ist nur wichtig, dass man den Eckstein durch Drehung der gelben Oberseite so dreht, dass er sich dort befindet, wo die beiden Seiten-Ebenen farblich mkt seinen nicht-weißen Seiten korrespondieren („zwischen die farblich korrespondierenden Seiten drehen!“). Ob die Farben exakt passen, ist unwichtig, hauptsache es sind die richtigen Farben!*

Beispiel: Ein blau-weiß-roter Eckstein, muss dann zwischen die rote und die blaue Seiteebene gedreht werden. Danach wenden wir dann einen der Fälle an.

*Auflösung von Ecksteinen der Kategorie A. (zeigt nach links):*

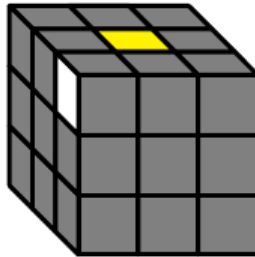


Abbildung 29:  
weiße Fläche oben links

Wir drehen den Eckstein zunächst weg von uns, indem wir die linke Seite im Antiuhreigersinn nach oben drehen. Danach drehen wir die gelbe Ebene mit dem linken Zeigefinger zu uns her, d.h. wir drehen die gelbe Ebene ebenfalls im Antiuhreigersinn nach links und drehen anschließend die linke Seite wieder im Uhrzeigersinn (also rechts) nach unten. Ergebnis: Der Eckstein befindet sich an der richtigen Stelle. Gemäß unserer eingangs erwähnten Notation ist dies:

$\uparrow L \quad \bigcirc \quad \downarrow L$

Sexy Move links (Der **gelbe Punkt** ist beim Drehen oben sichtbar.)

*Auflösung von Ecksteinen der Kategorie B. (zeigt nach rechts):*

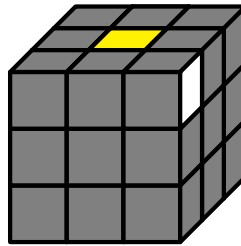


Abbildung 30:  
weiße Fläche oben rechts

Wir drehen den Eckstein zunächst weg von uns, indem wir die rechte Seite im Uhrzeigersinn nach oben drehen. Danach drehen wir die gelbe Ebene mit dem rechten Zeigefinger zu uns her, d.h. wir drehen die gelbe Ebene ebenfalls im Uhrzeigersinn nach rechts und drehen anschließend die rechte Seite wieder im Anti-Uhrzeigersinn (also links) nach unten. Ergebnis: Der Eckstein befindet sich an der richtigen Stelle. Gemäß unserer eingangs erwähnten Notation ist dies:

$R\uparrow \quad \circlearrowright_O \quad R\downarrow$

Sexy Move rechts (Der **gelbe Punkt** ist beim Drehen oben sichtbar.)

Auflösung von Ecksteinen der Kategorie C. (zeigt nach vorne) - links angeordnet:

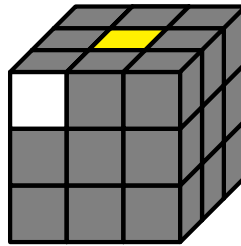


Abbildung 31:  
weiße Fläche frontal  
(links angeordnet)

Wir ziehen mit dem linken Zeigefinger zunächst die gelbe obere Ebene nach links. Dadurch wandert der „weiße Strahler“ von vorne auf die rechte Seite. Wir schieben danach die linke Würfelseite durch Hochdrehen (linke Hand macht eine Anti-Uhrzeigerdrehung) nach oben und ziehen anschließend mit dem rechten Zeigefinger die gelbe obere Ebene nach rechts in die Ausgangsstellung zurück und setzen damit den Eckstein in den Slot ein. Danach schieben wir die linke Seite wieder nach unten und lassen sie in die weiße Ziel-Ebene „einrasten“ (lock in) Ergebnis: Auch dieser Eckstein befindet sich nun an der richtigen Stelle. Das ganze in unserer eingangs erwähnten Notations-Schreibweise:

$\overleftarrow{O}$   $\uparrow L$   $\overrightarrow{O}$   $\downarrow L$

(Der gelbe Punkt ist beim Drehen oben sichtbar.)

#### „Kochrezept“:

1. **Mit dem Zeigefinger, der sich hinter der weißen frontalen Fläche („Strahler“) befindet** (linker Zeigefinger): Oberseite zu sich herziehen → „Strahler“ wandert zur Seite
2. Mit der gleichen Hand: Würfelseite hochdrehen, um Slot zu öffnen → zerstört temporär auf Unterseite das „weiße Kreuz“
3. Mit dem anderen (rechten) Zeigefinger: Würfeloberseite zu sich herziehen → Slot schließen
4. Mit der ursprünglichen Hand: Rechte Würfelseite wieder nach unten drehen → Repariert das „weiße Kreuz“ wieder

#### Trugschluss - Nicht funktionierende Idee:

Man könnte auf die Idee kommen, dass man sagt: „Ich drehe nur die Oberfläche und bringe den Strahler auf die andere Seite und mache dann weiter gem. Anleitung für seitliche Strahler, also Kategorie B. ! Damit vereinheitliche ich und habe ein leichter zu merkendes System von aufeinander aufbauenden Moves!“ - Das funktioniert leider nicht, weil damit der Eckstein nicht direkt nach unten wandert, sondern zwar auch nach unten, aber eben auf die andere - falsche Seite. Und damit passen die Seitenfarben des Ecksteins leider nicht mehr zu den anderen Mittelsteinfarben!

Auflösung von Ecksteinen der Kategorie D. (zeigt nach vorne) - rechts angeordnet:

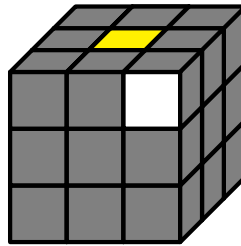


Abbildung 32:  
weiße Fläche frontal  
(rechts angeordnet)

Wir ziehen mit dem rechten Zeigefinger zunächst die gelbe obere Ebene nach rechts. Dadurch wandert der „weiße Strahler“ von vorne auf die linke Seite. Wir schieben danach die rechte Würfelseite durch Hochdrehen (rechte Hand macht eine Drehung im Uhrzeigersinn) nach oben und ziehen anschließend mit dem linken Zeigefinger die gelbe obere Ebene nach links in die Ausgangsstellung zurück und setzen damit den Eckstein in den Slot ein. Danach schieben wir die rechte Seite wieder nach unten und lassen sie in die weiße Ziel-Ebene „einrasten“ (lock in) Ergebnis: Auch dieser Eckstein befindet sich nun an der richtigen Stelle. Das ganze in unserer eingangs erwähnten Notations-Schreibweise:

$\overrightarrow{O}$   $R\uparrow$   $\overleftarrow{O}$   $R\downarrow$

(Der gelbe Punkt ist beim Drehen oben sichtbar.)

### „Kochrezept“:

1. **Mit dem Zeigefinger, der sich hinter der weißen frontalen Fläche („Strahler“) befindet** (rechter Zeigefinger): Oberseite zu sich herziehen → „Strahler“ wandert zur Seite
2. Mit der gleichen Hand: Würfelseite hochdrehen, um Slot zu öffnen → zerstört temporär auf Unterseite das „weiße Kreuz“
3. Mit dem anderen (linken) Zeigefinger: Würfeloberseite zu sich herziehen → Slot schließen
4. Mit der ursprünglichen Hand: Linke Würfelseite wieder nach unten drehen → Repariert das „weiße Kreuz“ wieder

### Trugschluss - Nicht funktionierende Idee:

Man könnte auf die Idee kommen, dass man sagt: „Ich drehe nur die Oberfläche und bringe den Strahler auf die andere Seite und mache dann weiter gem. Anleitung für seitliche Strahler, also Kategorie B. ! Damit vereinheitliche ich und habe ein leichter zu merkendes System von aufeinander aufbauenden Moves!“ - Das funktioniert leider nicht, weil damit der Eckstein nicht direkt nach unten wandert, sondern zwar auch nach unten, aber eben auf die andere - falsche Seite. Und damit passen die Seitenfarben des Ecksteins leider nicht mehr zu den anderen Mittelsteinfarben!

Auflösung von Ecksteinen der Kategorie E. (nach oben zeigend, oben links angeordnet):

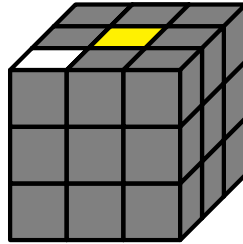


Abbildung 33:  
weiße Fläche nach oben zeigend  
(links angeordnet)

Wir drehen den Eckstein zunächst weg von uns, indem wir die linke Seite im Uhrzeigersinn nach oben drehen. Danach ziehen wir die gelbe obere Ebene mit dem rechten Zeigefinger einmal zu uns im Uhrzeigersinn her. Anschließend drehen wir die linke Würfelseite wieder im Uhrzeigersinn (also rechtsdrehend) nach unten. Erneut ziehen wir die gelbe obere Ebene zu uns, aber zweimal im Uhrzeigersinn: das erste Mal mit dem rechten Zeigefinger und gleich danach noch einmal mit dem rechten Mittelfinger. Ergebnis: Die weiße Seite des Ecksteins „strahlt“ in die linke Richtung. Damit haben wir den Fall der Kategorie A. (→ *Kontrollieren!*) Daher machen wir danach noch den Move für Ecksteine der Kategorie A. und haben dann den Eckstein dort, wo er hin soll.

$\uparrow L \quad \overset{\circlearrowright}{O} \quad \downarrow L \quad \overset{\circlearrowright}{O}^2$  + danach Regel für Kat. A.

(Der **gelbe Punkt** ist beim Drehen oben sichtbar.)

Noch schneller geht es wie folgt:

2 x Sexy Move links (→ weiße Fläche strahlt nach links) + danach Regel für Kat. A.

Auflösung von Ecksteinen der Kategorie F. (nach oben zeigend, oben rechts angeordnet)

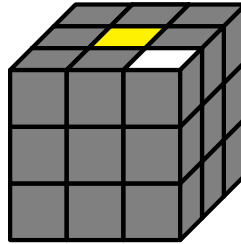


Abbildung 34:  
weiße Fläche nach oben zeigend  
(rechts angeordnet)

Wir drehen den Eckstein zunächst weg von uns, indem wir die rechte Seite im Uhrzeigersinn nach oben drehen. Danach ziehen wir die gelbe obere Ebene mit dem linken Zeigefinger einmal zu uns im Anti-Uhrzeigersinn her. Anschließend drehen wir die rechte Würfelseite wieder im Anti-Uhrzeigersinn (also links) nach unten. Erneut ziehen wir die gelbe obere Ebene zu uns, aber zweimal im Anti-Uhrzeigersinn: das erste mal mit dem linken Zeigefinger und gleich danach noch einmal mit dem linken Mittelfinger. Ergebnis: Die weiße Seite des Ecksteins „strahlt“ in die rechte Richtung. Damit haben wir den Fall der Kategorie B. (→ *Kontrollieren!*) Daher machen wir danach noch den Move für Ecksteine der Kategorie B. und haben dann den Eckstein dort, wo er hin soll.

$R\uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \quad \overset{\curvearrowleft}{O}^2 + \text{danach Regel für Kat. B.}$

(Der **gelbe Punkt** ist beim Drehen oben sichtbar.)

Noch schneller geht es wie folgt:

2 x Sexy Move rechts + danach Regel für Kat. B.



## 11.5 Speeding up: Perspektivwechsel beim Auto-Move

Bisher hatten wir den Automove konsequent „von vorne“ gemacht und dabei den Würfel jeweils mit der ganzen Hand gedreht. Das ist ineffizient. Wenden wir nun das zuvor gesagte an. Ein erster Teil ist ja der „Sexy Move links“ bzw. „Sexy Move rechts“. Schon diesen Move machen wir nur mit den Zeigefingern. Und dann drehen wir aber nicht diejenige Frontseite hoch, an der er Kantenstein eingelocked werden soll, sondern drehen den Würfel auf die Seite, was auch elegant und schnell zu bewerkstelligen geht. Und dann können wir auch diese Drehungen analog zum Auto-Move viel schneller ausführen. Am Ende drehen wir den Würfel wieder komplett nach rechts, um die ehemalige Frontseite erneut als Frontseite zur Verfügung zu haben.

## 11.6 Speeding up: Kantensteine der Mittelebene richten

Speeding Up die 2.: Kantenstein d. Mittelebene richten

Vorbinfo:

Sexy Move rechts:  $RUR'U'$

$R \uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R \downarrow \quad \overset{\curvearrowleft}{O}$

zurück zurück

Sexy Move links:  $L'U'LU$

$\uparrow L \quad \overset{\curvearrowleft}{O} \quad \downarrow L \quad \overset{\curvearrowright}{O}$

↓ Anwendung:

„Oberen Kantenstein nach rechts in die Mittelebene bringen!“

„Oberen Kantenstein nach links in die Mittelebene bringen!“

1. Schritt: Oberen Kantenstein wegdrehen nach links

2. Schritt:  $R \uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R \downarrow \quad \overset{\curvearrowleft}{O}$

[sprich: „Sexy Move rechts“]

1. Schritt: Oberen Kantenstein wegdrehen nach rechts

2. Schritt:  $\uparrow L \quad \overset{\curvearrowleft}{O} \quad \downarrow L \quad \overset{\curvearrowright}{O}$

[sprich: „Sexy Move links“]

3. Schritt:  $+ Y$

[sprich: „Würfel n. rechts dr.“]

3. Schritt:  $+ Y'$

[sprich: „Würfel n. links dr.“]

4. Schritt:  $\uparrow L \quad \overset{\curvearrowleft}{O} \quad \downarrow L$

[sprich: „Einlocken links!“]

4. Schritt:  $R \uparrow \quad \overset{\curvearrowright}{O} \quad R \downarrow$

[sprich: „Einlocken rechts“]

## 11.7 Speeding up: Gelben Balken überspringen

Wenn man einen gelben Winkel (bzw. eine gelbe Ecklinie oder auch ein gelbes „L“ genannt) auf der Oberseite hat, kann man tricksen und den nächsten Schritt (gelber Balken) überspringen. Man dreht den Würfel (besser nur die Würfeloberseite) so, dass sich dieses Motiv nicht wie weiter oben in der Anleitung an der linken hinteren Würfecke befindet, sondern dreht es so, dass es sich rechts unten befindet („Rechtsabbiegender Winkel“):

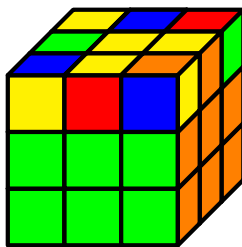


Abbildung 35:  
Gelben Winkel nach rechts vorne drehen

Und dann macht man den Balkenmove mit gleich zwei Ebenen von vorne (technisch werden solche Moves oft mit Kleinbuchstaben notiert: Anstelle der Notation für Front „F“ ist die Notation dann „f“). Das bedeutet, man greift nicht nur die Frontseite, sondern auch die direkt hinter der Frontseite liegende Ebene mit an (die letzte Ebene an der Würfelrückseite bleibt wie sie ist!) und dreht die ersten beiden Ebenen:

$\vec{f} \quad R\uparrow \quad \vec{O} \quad R\downarrow \quad \vec{O} \quad \overleftarrow{f}$

(„Modifizierter Balken-Move, der den gelben Balken überspringt“ - Gelbe Ebene ist beim Drehen oben sichtbar.)

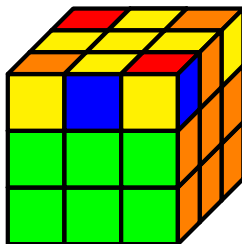


Abbildung 36:  
Gelber Winkel → Sprung zum gelben Kreuz

## 11.8 Speeding up: Kantensteinkarusell reverse!

Manchmal findet man die Situation vor, dass man bemerkt, dass es idealer wäre, wenn man das Kantensteinkarusell einfach in die andere Richtung (rückwärts) laufen lassen könnte - also *Kantensteinkarusell reverse!*

**Machen wir ein Beispiel:** Die gelbe Seite ist oben und gelöst. Frontal steht z. B. die orangene Farbe. Dem entsprechend ist wegen dem allgemeinen Rubik-Farbschema grün auf der linken Seite und blau auf der rechten und rot hinten.

**Wenn nun der gelb-rote Kantenstein rechts ist**, müsste man den Kantensteinkarusell-Algorithmus zweimal ausführen, damit dieser Kantenstein an die rote Würfelrückseite „wandert“. Wie viel schöner wäre es doch, wenn dieser Kantenstein einfach rückwärts an seinen Platz „einparken“ würde!

Stellt man nun fest, dass **auch der gelb-blaue Kantenstein auf der linken Würfeloberseite ist**, würde dieser auf die rechte Würfelseite zurückwandern und der gelb-grüne Kantenstein dem entsprechend von der hinteren Würfelseite an seinen Platz auf die linke Würfelseite zurückgeschoben werden.

Diesen Zustand kann man - ausgehend von einem gelösten Würfel („solved state“), bei dem die gelbe Würfelseite oben und z. B. die orangene Würfelseite frontal steht, leicht herstellen: Hierzu führt man einfach den normalen Kantenstein-Karusell-Algorithmus aus:

**Scramble (normaler Kantensteinkarusell-Move):**

$$(R\downarrow \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \overset{\curvearrowright}{O} \quad R\downarrow \overset{\curvearrowright}{O}) + R\uparrow \overset{\curvearrowright}{O} \quad {}^2R\downarrow$$

Das schöne ist nun, dass man den Kantensteinkarusell-Algorithmus rückwärts ablaufen lassen kann. Mit etwas Übung spart man dann einiges an Zeit.

**Der Algorithmus zum reverse-Kantensteinkarusell geht wie folgt:**

$$\downarrow L \overset{\curvearrowright}{O} \quad \downarrow L \overset{\curvearrowright}{O} \quad \downarrow L \overset{\curvearrowright}{O} \quad \downarrow L \overset{\curvearrowright}{O} \quad \uparrow L \overset{\curvearrowright}{O} \quad {}^2\downarrow L$$

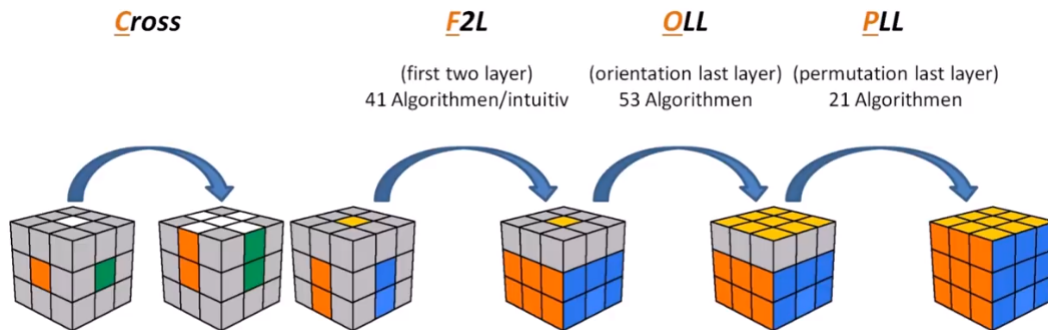
(Man legt beim 1. Move den linken Daumen auf die Würfeloberfläche. Und während beim 4. Move der rechte Zeigefinger die Würfeloberfläche nach rechts zieht, greift man mit der linken Hand um und setzt den linken Daumen erneut auf die Würfeloberfläche, damit die dann zweimal stattfindenden L-Drehungen in einem Zug - ohne Umgreifen ausgeführt werden können.)

**Was passiert am Würfel?**

Der 1. Move holt die drei linken gelben Steine nach vorne. Der 2. Move dreht die beiden gelben Reihen an die Würfelrückseite und „klaut“ der Frontalreihe den obersten gelb-grün-roten Eckstein und schiebt ihn an die rechte Würfelseite. Der 3. Move versenkt die verbliebenen gelben Steine an den Würfelboden und ersetzt diese postwendend, indem er seinerseits den beiden noch an der hinteren Würfeloberseite befindlichen gelben Reihen zwei Steine „klaut“. Auf der linken Würfeloberseite erscheinen dadurch zwei weiße Flächen. Der 4. Move bringt die weißen Flächen auf die rechte hintere Würfeloberseite. Der 5. Move lässt auf der linken Reihe die gelben Flächen komplett verschwinden. Der 6. Move bringt die beiden weißen Flächen an die rechte vordere Würfeloberseite und an der linken vorderen Würfeloberseite entsteht ein gelber Viererblock. Der 7. Move „klaut“ dem Viererblock ein gelbes Pärchen und schiebt dies nach vorne, ersetzt es jedoch postwendend wieder durch das bisher an der Würfelrückseite stehenden gelben Pärchen. 8. Move bereitet die Paarung der weißen und gelben Steine der Würfelober- und frontseite vor. Der 9. Move baut wieder die weiße und gelbe Tripletts zusammen. Der 10. Move löst die rechte und linke Würfelseite komplett. Der 11. Move finalisiert alles.

## 11.9 Fridrich-Methode: CFOP

Diese Methode ist darauf ausgelegt, den Zauberwürfel möglichst schnell lösen zu können. CFOP steht dabei für Cross-F2L-OLL-PLL. Was das bedeutet: siehe Abbildung unten. Zur Methodik: Man beginnt mit dem weißen Kreuz und löst es (mit der weißen Seite nach unten). Im Vergleich zur LbL-Methode macht man dies nicht mit festen Regeln, sondern intuitiv. Danach löst man F2L, aber nicht wie wir, Klötzchen für Klötzchen, sondern man bildet übereinander stehende gleichfarbige Klötzchen zu Paaren und fügt diese wie nachfolgend abgebildet in den gewünschten Slot ein. Dazu muss man 41 Algorithmen lernen. Man kann aber auch das ganze erst mal intuitiv lernen und sich nach und nach alle Regeln erarbeiten. Das ist auch der Hauptvorteil der Methode: Jede Regel, die man lernt, löst ineffizientes „Daddeln“, mit dem man ein Zwischenziel erreichen möchte, durch den kürzesten Auflösungspfad ab. Insofern ist nichts umsonst, was man auswendig lernt, auch wenn man nicht alle 115 Algorithmen auswendig lernen möchte. Für die letzte gelbe Ebene gibt es 53 Algorithmen. Im Gegensatz zum LbL löst man hier nicht erst mal das gelbe Kreuz und vertauscht dann nach und nach die Kanten- und Ecksteine, sondern man löst gleich die gelbe Fläche simultan. Die zur gelben Fläche passenden Seiten sind damit aber noch nicht geordnet, das passiert ganz zum Schluss und nennt sich PLL.



Da das Lernen der CFOP mit Sicherheit etliche Monate in Anspruch nehmen dürfte: Es gibt die Möglichkeit, wenn man nicht sehr viel Zeit hat, sich nur 8 grundlegende Algorithmen einzuprägen, aber natürlich sinkt damit auch die Lösungsgeschwindigkeit. Auf die Darstellung wird hier verzichtet, aber es sei zumindest darauf hingewiesen.