

1. Überblick

In diesem Dokument werden eigenentwickelte Algorithmen zur Lösung von verschiedenen Varianten des „Rubic“ Cube vorgestellt.

2. Bezeichnungen

Der „Würfel“ liege auf einer ebenen Fläche vor uns, wobei eine Seite senkrecht vor uns steht, diese Seite wird als vordere Ebene bezeichnet. Analog werden die anderen Seiten als hintere, rechte, linke, obere und untere Ebene bezeichnet.

Die Ebenen hinter der vorderen Ebene werden 2.te vordere Ebene, 3.te vordere Ebene usw. bezeichnet. Analoges gilt für die übrigen Ebenen.

3. Notationen für Drehungen

- | | |
|--|---------------------|
| • Drehung im Uhrzeigersinn der vorderen Ebene: | V |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der vorderen Ebene: | v |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der hinteren Ebene: | H |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der hinteren Ebene: | h |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der rechten Ebene: | R |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der rechten Ebene: | r |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der linken Ebene: | L |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der linken Ebene: | l |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der oberen Ebene: | O |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der oberen Ebene: | o |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der unteren Ebene: | U |
| • Drehung gegen Uhrzeigersinn der unteren Ebene: | u |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der 2.ten vorderen Ebene: | V2 |
| • Analog für die anderen Ebenen: | v2, H2, h2, V3, ... |
| • Drehung im Uhrzeigersinn der vorderen zwei Ebenen: | V12 |
| • Analog für andere Ebenen: | v12, H12, .., V123, |

Bemerkung: Drehung einer Ebene im Uhrzeigersinn heißt Drehung der Ebene nach rechts, wenn man direkt auf die Ebene schaut!

4. Elementare Zugfolgen

Elementare Zugfolgen sind Aneinanderreihungen von Basisdrehungen, bei denen nur wenige Würfelemente (2, 3, 4) verändert werden.

4.1 Zugfolgen für ECKelemente

Notationen für die Würfel-Eck-Elemente:

- Vorne, rechts, oben: VRO
- Vorne, rechts, unten: VRU
- Vorne, links, oben: VLO
- Vorne, links, unten: VLU
- Analog für hinten: HRO, HRU, HLO, HLU

4.1.1 E_T1: Vertauschung von 2 Ecken, Drehung eine Ecke

Zugfolge: rURUVuv

Ergebnis: Vertauschung der Eck-Elemente VRU und VLU
Drehung des Eck-Elements HLU

Anwendung: Basisverfahren für alle Würfel

4.1.2 E_T2: Vertauschung von 2 mal 2 Ecken

Zugfolge: rrurrurruurruu

Ergebnis: Vertauschung der Eck-Elemente VRU und VRO
Vertauschung der Eck-Elemente HRU und HLU

Anwendung: Sonderfall Kantenelemente 4X4 Würfel, Rubic's Tower

4.1.3 E_T3: Vertauschung von 2 mal 2 Ecken

Zugfolge: VVUVVUVVUUVVUU

Ergebnis: Vertauschung der Eck-Elemente VRU und VRO
Vertauschung der Eck-Elemente HLU und VLU

Anwendung: Sonderfall Kantenelemente 4X4 Würfel, Rubic's Tower

4.1.4 E_T4: Vertauschung von 2 Ecken

Zugfolge: E_T2 plus E_T3 plus U

Ergebnis: Vertauschung der Eck-Elemente VRU und HRU

Anwendung: Sonderfall Kantenelemente 4X4 Würfel, Rubic's Tower

4.1.5 E_T5: Drehung von 3 Ecken

Zugfolge: ruRurUURUU

Ergebnis: VRU: Vordere Seite dreht nach unten

HRU: Seitliche Seite dreht nach unten

HLU: Hintere Seite dreht nach unten

Anwendung: Basisverfahren für alle Würfel

4.2 Zugfolgen für Kantenelemente

Notationen für die 12 Kanten-Elemente

3x3 Würfel:

- Vorne, oben: VO
- Vorne, unten: VU
- Vorne, links: VL
- Vorne, rechts: VR
- Analog für hinten: HO, HU, HL, HR
- Links, oben: LO
- Links, unten: LU
- Rechts, oben: RO
- Rechts, unten: RU

4.2.1 K_T1: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: RUr12RurUR12ru

Ergebnis: HR -> RU (hintere Seite auf untere Seite)

RU -> LU (rechte Seite auf untere Seite)

LU -> HR (untere Seite auf rechte Seite)

Anwendung: Basisverfahren für alle Würfel

4.2.2 K_T2: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: lur12RULul12LU

Ergebnis: HR -> RU (hintere Seite auf untere Seite)

RU -> LU (rechte Seite auf untere Seite)

LU -> HR (untere Seite auf rechte Seite)

Anwendung: Basisverfahren für alle Würfel, spiegelsymmetrisch zu K_T1.

5. Lösung des 2x2 Würfels

- Elementare Lösung der oberen 4 ECKelemente
- Analyse, wie viele untere ECKelemente vertauscht sind: Möglichen Ergebnisse: 2 mal 2 sind vertauscht, 2 sind vertauscht oder alle 4 ECKelemente sind an der richtigen Position
- Tausche vertauschte Ecken mit E_T1: rURUVuV
- Drehe jeweils 3 verdrehte Ecken mit E_T5: ruRurUURUU
- Gegebenenfalls Wiederholung des letzten Schritts (max. 2 mal) bis alle Ecken korrekt angeordnet sind.

6. Lösung des 3x3 Würfels

- Lösung der 8 ECKelemente wie beim 2x2 Würfel
- Elementare Lösung der oberen 4 Kanten-elemente
- Lösung der restlichen Kanten-elemente durch K_T1: RUr12RurUR12ru oder K_T2: lur12RULul12LU
- Vorschlag: Zuerst mittlere Ebene, dann untere Ebene lösen!

7. 4x4 Würfel

Beim 4x4 Würfel müssen zusätzlich zu der Stellung der 8 ECKelemente die Stellung von 12x2 Kanten-Elementen und 6x4 Mittel-Elementen berücksichtigt werden.

Der 4x4 Würfel kann auch als 2x2 Würfel (nur Drehungen der Mittelachse erlaubt) oder als 3x3 Würfel (keine Drehung der Mittelachse erlaubt) mit den dafür definierten Zugfolgen angesehen werden.

7.1 Notation für Mittel-Elemente

- Vorne, links, oben: M_VLO
- Vorne, rechts, oben: M_VRO
- Vorne, links, unten: M_VLU
- Vorne, rechts, unten: M_VRU
- Hinten, links, oben: M_HLO
- Hinten, rechts, oben: M_HRO
- Hinten, links, unten: M_HLU
- Hinten, rechts, unten: M_HRU
- Oben, links, vorne: M_OLV
- Oben, rechts, vorne: M_ORV
- Oben, links, hinten: M_OLH
- Oben, rechts, hinten: M_ORH
- Unten, links, vorne: M_ULV
- Unten, rechts, vorne: M_URV
- Unten, links, hinten: M_ULH

- Unten, rechts, hinten: M_URH
- Rechts, oben, vorne; M_ROV
- Rechts, oben, hinten; M_ROH
- Rechts, unten, vorne; M_RUV
- Rechts, unten, hinten; M_RUH
- Links, oben, vorne; M_LOV
- Links, oben, hinten; M_LOH
- Links, unten, vorne; M_LUV
- Links, unten, hinten; M_LUH

7.2 Notation für Kanten-Elemente

- Vorne, oben, links: K_VOL
- Vorne, oben, rechts: K_VOR
- Vorne, unten, links: K_VUL
- Vorne, unten, rechts: K_VUR
- Vorne, links, oben: K_VLO
- Vorne, links, unten: K_VLU
- Vorne, rechts, oben: K_VRO
- Vorne, rechts, unten: K_VRU
- Hinten, oben, links: K_HOL
- Hinten, oben, rechts: K_HOR
- Hinten, unten, links: K_HUL
- Hinten, unten, rechts: K_HUR
- Hinten, links, oben: K_HLO
- Hinten, links, unten: K_HLU
- Hinten, rechts, oben: K_HRO
- Hinten, rechts, unten: K_HRU
- Links, oben, vorne: K_LOV
- Links, oben, hinten: K_LOH
- Links, unten, vorne: K_LUV
- Links, unten, hinten: K_LUH
- Rechts, oben, vorne: K_ROV
- Rechts, oben, hinten: K_ROH
- Rechts, unten, vorne: K_RUV
- Rechts, unten, hinten: K_RUH

7.3 Zugfolgen für Mittel-Elemente

7.3.1 M4_T1: Vertauschung von 3 Mittel- und 3 Seiten-Elementen

Zugfolge: RU12r12Ru12rU12R12ru12

Ergebnis: K_HRU, M_RUH -> K_RUV, M_RUV

$K_{RUV}, M_{RUV} \rightarrow K_{LUV}, M_{ULV}$

$K_{LUV}, M_{ULV} \rightarrow K_{HRU}, M_{RUH}$

Bemerkung: Ähnlich wie K_{T1} für 3x3 Würfel

7.3.2 M4_T2: Vertauschung von 3 Mittel- und 3 Seiten-Elementen

Zugfolge: $lu12L12IU12Lu12L12LU12$

Ergebnis: $K_{HLU}, M_{LUH} \rightarrow K_{LUV}, M_{LUV}$

$K_{LUV}, M_{RUV} \rightarrow K_{RUV}, M_{URV}$

$K_{RUV}, M_{URV} \rightarrow K_{HLU}, M_{LUH}$

Bemerkung: Spiegelsymmetrisch zu $M4_{T1}$, ähnlich wie K_{T2} für 3x3 Würfel

7.3.3 M4_T3: Vertauschung von 2 Mittel- und 5 Seiten-Elementen

Zugfolge: $R12\ r\ u\ r12\ R\ u$

Ergebnis: $M_{HRO} \leftrightarrow M_{URV}$

Bemerkung: Standard Verfahren zur Ordnung der Mittel-Elemente, viele Varianten durch symmetrische Zugfolgen ($R12rur12Ru$, $L12IUL12IU$, $L12luL12lu$)!

7.3.4 K4_T1: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: $RUr12RurUR12ru$

Ergebnis: $K_{HRU} \rightarrow K_{URV}$

$K_{URV} \rightarrow K_{ULV}$

$K_{ULV} \rightarrow K_{HRU}$

Bemerkung: Wie K_{T1} für ein Kantenelement

7.3.5 K4_T2: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: $RUr123R12urUR123r12u$

Ergebnis: $K_{HRO} \rightarrow K_{URH}$

$K_{URH} \rightarrow K_{ULH}$

$K_{ULH} \rightarrow K_{HRO}$

Bemerkung: Wie K_{T1} für das andere Kantenelement

7.3.6 K4_T3: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: luL12lULul12LU

Ergebnis: K_HLU -> K_ULV

K_ULV -> K_URV

K_URV -> K_HLU

Bemerkung: Wie K_T2 für ein Kantenelement

7.3.7 K4_T4: Vertauschung von 3 Kanten-Elementen

Zugfolge: luL123l12ULul12L12U

Ergebnis: K_HLO -> K_ULH

K_ULH -> K_URH

K_URH -> K_HLO

Bemerkung: Wie K_T2 für das andere Kantenelement

7.4 Lösung des 4x4 Würfels

- Elementare Lösung der oberen Ebene (2 nebeneinander liegende Kanten müssen noch nicht gelöst werden)
- Lösung der 4 restlichen unteren Eck-Elemente wie beim 3x3 Würfel, wobei der 4x4 Würfel als 3x3 Würfel interpretiert wird (keine Drehung um die Mittelachse!)
- Lösung der restlichen Kantenelemente durch K4_T1 ... K4_T4. Vorschlag: Zuerst Lösung der restlichen 2 Kanten-Elemente der oberen Ebene, dann Lösung der 2., 3. und unteren Ebene.

Sonderfall Parity:

In 50% der Fälle kann der 4x4 Würfel mit obigem Verfahren nicht vollständig gelöst werden. Es bleiben 2 verdrehte Kanten-Elemente unten übrig.

Lösungsvorschlag: Vertausche 2 untere Eck-Elemente mit E_T1 wobei nur Drehungen um die Mittelachse erlaubt sind (4x4 Würfel als 2x2 interpretiert). Anschließend Rücktausch der 2 unteren Eck-Elemente mit E_T1 wobei keine Drehungen um die Mittelachse erlaubt sind (4x4 Würfel als 3x3 interpretiert). Dann kann das obige Verfahren wieder angewendet werden.

Bemerkung: Es gibt auch eine Zugfolge mit der das Parity Problem direkt gelöst werden kann, siehe einschlägige Literatur!

8. Lösung des Rubic Tower

- Lösung der 8 Eckelemente wie beim 2x2 Würfel (kann durch die Geometrie des Tower etwas unübersichtlich sein), am Ende ergibt sich jedoch die Tower Form)
- Lösung der oberen 4 Mittelelemente mit E_T2, dabei Drehung der unteren Ebene in der Mitte der 8 Mittelelemente. Zur Zeitersparnis sollte dabei nur ein oberes Eckelement verdreht werden!
- Lösung der unteren 4 Mittelelemente mit E_T4, dabei Drehung der unteren Ebene in der Mitte der 8 Mittelelemente
- Lösung der 8 Eckelemente mit E_T2 und E_T4, dabei Drehung der unteren Ebene am unteren Ende der 8 Mittelelemente, das heißt, die korrekten 8 Mittelelemente werden nicht mehr verändert!