

Let's Take Esoteric Programming Languages Seriously

Geschrieben von J. Singer & S. Draper

Silas A. Kraume

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Dynamische Programmiersprachen - Präsentation

- 1 Einführung & Definition**
- 2 Klassifizierung & Beispiele**
- 3 Der Reiz von Esolangs**
- 4 Pädagogischer Wert**
- 5 Design von Esolangs & Sprachdesign**
- 6 KI und Zukunft**
- 7 Fazit**
- 8 Quellen**

Das Phänomen Esolang

1 Einführung & Definition

- ▶ Unpraktisch und unnötig Komplex
- ▶ Dennoch überraschend populär in der Informatik-Community

Kernfrage

Warum gibt es sie und welchen Nutzen haben sie?

Was ist eine esoterische Programmiersprache ("Esolang")?

1 Einführung & Definition

Konventionelle Definition

Eine Sprache, die für Experimente mit seltsamen Ideen, schwierige Programmierung oder als Scherz gedacht ist.

- ▶ Oftmals absichtlich unbrauchbar
- ▶ Ungewöhnliche oder obskure Syntax/Semantik

Unterschied zu Mainstream-Sprachen: Nicht für praktische Anwendung gedacht.

Das Wesen von Esolangs

1 Einführung & Definition

- ▶ **Low-Level Semantik:** Meist primitive arithmetische Operationen, begrenzter I/O
- ▶ **Keine Abstraktion:** Keine komplexen Datentypen, keine Modularität
- ▶ **Unkonventionelle Syntax:** Der Code sieht oft gar nicht aus wie Code

Klassifizierung von Esolangs

2 Klassifizierung & Beispiele

Wir teilen Esolangs in drei Kategorien (nicht exklusiv):

1. Natürliche Sprache (Natural Language)
2. Exotische Syntax (Quirky Syntax)
3. Exotisches Rechenmodell (Quirky Computational Model)

Kategorie 1: Natürliche Sprachen - Shakespeare

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Programme sehen aus wie Theaterstücke Von William Shakespeare
- ▶ Variablen sind Charaktere (Romeo, Julia)
- ▶ Wertzuweisung durch Dialoge

Beispiel

[Enter Hamlet and Romeo]

Hamlet:

You lying stupid fatherless big smelly half-witted coward! You are as stupid as the difference between a handsome rich brave hero and thyself!

Speak your mind!

...

Kategorie 1: Natürliche Sprachen - Chef

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Code sieht aus wie ein Kochrezept
- ▶ Variablen sind "Zutaten"
- ▶ Kochanweisungen sind Methodiken

Beispiel

Ingredients.

72 g haricot beans

101 eggs

Method.

Put eggs into the mixing bowl.

Put haricot beans into the mixing bowl.

Liquefy contents of the mixing bowl.

Pour contents of the mixing bowl into the baking dish.

Serves 1.

Kategorie 2: Exotische Syntax - Whitespace

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Syntax besteht nur aus Leerzeichen, Tabs und Zeilenumbrüchen
- ▶ Für das menschliche Auge unsichtbar
- ▶ Alle anderen Zeichen werden als Kommentare ignoriert

Beispiel

Kategorie 2: Exotische Syntax - Piet

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Code ist ein Bitmap-Bild (ähnlich Mondrian-Kunst)
- ▶ **Program Flow:** Ein Zeiger bewegt sich 2-dimensional über die Farbfläche
- ▶ Befehle entstehen beim Wechsel von Farben/Helligkeiten



Figure 1: Ein "Hello World" Programm in Piet

Kategorie 3: Exotische Rechenmodelle - Brainfuck

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Minimalistische Sprache, simuliert Turing-Maschine
- ▶ Nur 8 Befehle: > < + - . , []
- ▶ Extrem begrenzter Speicher (typischerweise 30KB Array)
- ▶ Jedes "interessante" Programm wird extrem lang und unleserlich

Beispiel

```
+++++++++ [>++++ [>++>+++>++>+<<-] >+>+>->+ [<] <-] » . >-- . ++++++. . +++ . » . <- . <. +++.  
---. ----. » +. >++.
```

Das extremste Beispiel: Malbolge

2 Klassifizierung & Beispiele

- ▶ Benannt nach dem 8. Kreis der Hölle in Dantes Inferno
- ▶ **Designziel:** Die schwerstmögliche Sprache überhaupt
- ▶ Selbstmodifizierend: Befehle ändern sich nach Ausführung ("Verschlüsselung")
- ▶ Erstes Programm wurde erst Jahre später durch einen Such-Algorithmus generiert

Beispiel

```
(=BA#9"=<;:3y7x54-21q/p-,+*)"!h%BO/.  
~P<  
<:(8&  
66#"!~}|{zyxwvu  
gJ%
```

Warum sind Esolangs so beliebt?

3 Der Reiz von Esolangs

Vier Hauptgründe für die Popularität:

1. Verspieltheit (Playfulness)
2. Nostalgie
3. Zugehörigkeitsgefühl (Cultic initiation)
4. Künstlerischer Ausdruck

1. Verspieltheit

3 Der Reiz von Esolangs

"Deep down, we like confusing people who are stiffer and less mentally agile than we are [...]" [Rayoo]

- ▶ Anti-autoritäre Haltung: Verwirrung stiften mit "snazzy special effects"

- ▶ **Advent of Code:** Viele lösen Rätsel in Esolangs als zusätzliche Herausforderung

2. Nostalgie ("Das Goldene Zeitalter")

3 Der Reiz von Esolangs

- ▶ Sehnsucht nach der Zeit, als Programmieren noch "schwer" war
- ▶ **Das "Haarhemd" tragen (Peyton Jones):** Stolz darauf, unter schwierigen Bedingungen Code zu produzieren
 - ▷ "Technomasochismus"
- ▶ Gegenbewegung zu modernen IDEs, Autocomplete und KI-Hilfen

3. Zugehörigkeit & Kult

3 Der Reiz von Esolangs

- ▶ Sprache als soziales Bindemittel (wie Klingonisch)
- ▶ **Initiationsritus:** Wer Brainfuck lesen kann, gehört zum "Inner Circle"
- ▶ Wissen wird oft mündlich oder in versteckten Wikis weitergegeben, nicht in Lehrbüchern

4. Künstlerischer Ausdruck

3 Der Reiz von Esolangs

- ▶ Code als Artefakt vs. ausführbare Entität
- ▶ Esolangs betonen das Artefakt (das Bild bei Piet, das Rezept bei Chef)
- ▶ **Knuth:** "Literate Programming" – Code wird für Menschen geschrieben
- ▶ Steganographie: Code versteckt in Bildern oder Texten

Lernen durch Esolangs?

4 Pädagogischer Wert

Konzept von "Hard Fun"

Lernen ist besonders effektiv, wenn es herausfordernd, aber lohnend ist

Variationstheorie

Dasselbe Konzept in verschiedenen Kontexten sehen, fördert das Verständnis

- ▶ Wer Schleifen in Brainfuck versteht, hat das Konzept "Schleife" **wirklich** verstanden

Lktionen durch Esolangs

4 Pädagogischer Wert

1. Die Gefahr von "GOTO"

- ▶ Dijkstras Kritik an GOTO wird greifbar
- ▶ Beispiel Shakespeare: *Let us proceed to Scene N* erzeugt schnell Spaghetti-Code
- ▶ Als Anfänger erkennt man dies sofort als problematisch

2. Das Turing-Tarpit

- ▶ "*Beware of the Turing tar-pit in which everything is possible but nothing of interest is easy*"
[Per82]
- ▶ Turing-Vollständigkeit allein reicht nicht für eine gute Sprache

Einblick in die Maschine

4 Pädagogischer Wert

- ▶ Es langt entfernen den Komfort
- ▶ Man lernt das zugrunde liegende Rechenmodell (Stack, Speicherzellen, Pointer) direkt kennen
- ▶ Entmystifizierung dessen, was "unter der Haube" passiert

Empathie für Lehrende

4 Pädagogischer Wert

- ▶ Erfahrene Programmierer fühlen sich in Esolangs wieder wie Anfänger

- ▶ Hilft Dozenten, die Frustration von Erstsemestern wieder nachzuvollziehen

Wer entwickelt Esolangs?

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

- ▶ Oft Informatik-Studenten (z.B. INTERCAL in Princeton, Whitespace in Durham)
- ▶ Oft als Projekt, um Kompilerbau zu lernen
- ▶ Demografisch oft männlich dominiert
- ▶ Kultur die "Härte" und "Technomasochismus" glorifiziert

Warum entwickelt man eine Esolang?

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

1. **Comedy:** Parodie auf existierende Sprachen (INTERCAL vs. Fortran)
2. **Herausforderung:** Sich selbst extreme Beschränkungen auferlegen
3. **Kreativität:** Eine "eigene" Sprache haben ("A room of one's own")

Die 5 Motive für Sprachdesign (Die 5 E's)

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Warum werden Sprachen generell entwickelt?

1. Expressivity (Ausdrucksstärke)
2. Efficiency (Effizienz)
3. Education (Bildung)
4. Economy (Wirtschaftlichkeit)
5. Exploration (Forschung/Neugier)

Motiv 1: Expressivity

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Ziel

Komplexe Konzepte kürzer ausdrücken

Beispiele: Lisp, Prolog

Esolangs: Das Gegenteil. Sie fügen Komplexität hinzu

Motiv 2: Efficiency

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Ziel

Nähe zur Hardware, Geschwindigkeit

Beispiele: C, Rust, Zig

Esolangs: Ineffizient, da das Rechenmodell oft abstrakt und umständlich ist

Motiv 3: Education

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Ziel

Leicht zu lernen

Beispiele: BASIC, Scratch, Logo

Esolangs: Explizit nicht für Anfänger

(INTERCAL Manual: "besser geeignet, Anfänger dazu zu bringen, den Beruf zu wechseln" [WL73])

Motiv 4: Economy

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Ziel

finanzieller Gewinn, Marktdominanz

Beispiel: C# (als Rivale zu Java)

Esolangs: Kein kommerzieller Nutzen (außer ggf. Buchverkäufe)

Motiv 5: Exploration

5 Design von Esolangs & Sprachdesign

Ziel

Intellektuelle Übung, Grenzen testen

Beispiel: Haskell (ursprünglich)

Hier leben die Esolangs. Sie sind reine Exploration.

KI und Esolangs - Codegenerierung

6 KI und Zukunft

- ▶ LLMs (wie ChatGPT) sind gut in Python, aber schlecht in Esolangs
- ▶ **Grund:** Mangelnde Trainingsdaten (Es gibt kaum Brainfuck oder Piet Repositories)
- ▶ Experimente zeigen: Generierter Code für Piet oder Shakespeare enthält meist fundamentale Syntaxfehler

KI und Esolangs - Spracherfindung

6 KI und Zukunft

- ▶ Kann eine KI eine neue Esolang erfinden?
- ▶ Versuche ergaben: Sprachen waren oft nicht Turing-vollständig oder plagiierten existierende Ideen (z.B. Musik-Sprachen)
- ▶ Kreativität und "Witz" fehlen der KI hier noch

Zusammenfassung

7 Fazit

- ▶ Esolangs sind Kunst, Kult und pädagogisches Werkzeug
- ▶ Sie stellen sich den Mainstream-Sprachen entgegen
- ▶ Sie lehren uns kritisches Denken über Design und Konzepte

Abschließendes Zitat

7 Fazit

Alan Perlis (Epigramm 19)

"A language that doesn't affect the way you think about programming, is not worth knowing."
[Per82]

Eslangs verändern definitiv, wie wir denken – also sind sie es wert, gekannt zu werden.

Vielen Dank!

7 Fazit

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!

Quellenverzeichnis I

8 Quellen

- [Per82] Alan J. Perlis, *Special feature: Epigrams on programming*, SIGPLAN Not. **17** (1982), no. 9, 7–13.
- [Ray00] Eric Raymond, *Guest editorial: World domination*, Linux Journal (Jan. 2000).
- [SD25] Jeremy Singer and Steve Draper, *Let's take esoteric programming languages seriously*, Proceedings of the 2025 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (New York, NY, USA), Onward! '25, Association for Computing Machinery, 2025, p. 213–226.
- [WL73] Donald R. Woods and James M. Lyon, *The intercal programming language reference manual*, 1973.

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Titel frei wählbar, wird als Kommentar behandelt
- ▶ Variablen sind Charaktere und müssen in Shakespeare-Dramen vorkommen (152 insgesamt)
- ▶ Variablen müssen zunächst deklariert werden (deren Beschreibung ist verpflichtend aber wird ignoriert)

```
1 The Infamous Hello World Program  
2  
3 Romeo, a young man with a remarkable patience.  
4 Juliet, a likewise young woman of remarkable grace.  
5 Ophelia, a remarkable woman much in dispute with Hamlet.  
6 Hamlet, the flatterer of Andersen Insulting A/S.
```

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Folgend werden Akte und Szenen definiert
- ▶ Diese dienen als Sprungziele für "Goto"-artige Befehle
- ▶ Zwischen Akten kann nicht gesprungen werden, nur zwischen Szenen innerhalb eines Akts

8 Act I: Hamlets insults and flattery.

9 Scene I: The insulting of Romeo.

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Es können immer nur zwei Variablen gleichzeitig angesprochen werden
- ▶ Variablen werden über "Enter" und "Exit" ein- und ausgeführt

11

[Enter Hamlet and Romeo]

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Variablen/Charaktere werden durch Dialoge manipuliert
- ▶ Die beiden aktiven Charaktere sprechen sich gegenseitig Werte zu
- ▶ Die Anzahl der Adjektive und das Nomen bestimmen den Wert
- ▶ Adjektive haben den Wert 2, Nomen haben den Wert 1 (nette Worte) oder -1 (beleidigende Worte)
- ▶ Die Werte werden multipliziert ($\text{big smelly coward} = 2 \cdot 2 \cdot -1 = -4$)
- ▶ Im Folgenden entsteht der Wert $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot -1 = -64$

13

Hamlet :

14

You lying stupid fatherless big smelly half-witted coward!

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Arithmetik durch "as" über Schlüsselwörter "difference", "sum", "product", "quotient"
- ▶ Im Folgenden entsteht $2^*2^*2^*1 - \text{thyself} = 8 - (-64) = 72$

15

You are as stupid as the difference between a handsome rich brave hero
and thyself!

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Eingabe durch "Open your mind" (als Char) oder "Listen to your heart" (als Zahl)
- ▶ Ausgabe durch "Speak your mind" (als Char) oder "Open your heart" (als Zahl)
- ▶ Im Folgenden wird das ASCII-Zeichen 72 = 'H' ausgegeben

16

```
Speak your mind!
```

Deep Dive: Shakespeare

9 Anhang I

- ▶ Aussagenlogik durch "X as good as Y" ($X=Y$), "X better than Y" ($X>Y$), "X worse than Y" ($X<Y$)
- ▶ Sprünge durch "Let us proceed to Scene N" oder "Let us return to Scene N"
- ▶ bedingte Sprünge durch "If so" und "If not"

```
1 Juliet:  
2  
3     Am I better than you?  
4  
5 Hamlet:  
6  
7     If so, let us proceed to scene III.
```

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ Rezeptname und -beschreibung frei wählbar, werden als Kommentare behandelt
- ▶ Variablen sind "Zutaten" und müssen zunächst deklariert werden (mit Startwert)
- ▶ Es gibt trockene (kg, g, lb) und flüssige (l, ml, cup) Zutaten
- ▶ trockene Zutaten werden als Ganzzahlen, Flüssige als ASCII Characters gespeichert

```
1 Factorial and Chips.  
2 This recipe calculates the factorial of a number.  
3  
4 Ingredients.  
5 1000 g fish  
6 1 kg Chips  
7 500g breading
```

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ Es folgt die "Method." Sektion mit Kochanweisungen / Programminstruktionen
- ▶ "Take X from refrigerator.": X wird ein Wert durch Eingabe zugewiesen (User Input)

9 Method.

10 Take fish from refrigerator.

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ Schüsseln dienen als Stapelspeicher / Stack (LIFO)
- ▶ "Put X into the mixing bowl.": Wert von X auf den Stack legen
- ▶ "Add X to mixing bowl.": Wert von X zum obersten Stack-Wert addieren
- ▶ "Combine X into the mixing bowl.": Wert von X zum obersten Stack-Wert multiplizieren

11 Put chips into the mixing bowl.

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ Schleifen durchlaufen solange Variable > 0 ist (solange bis X = 0)
- ▶ "_ the X." beginnt eine Schleife
- ▶ "_ X until _." endet eine Schleife

12 Bread the fish.

13 Combine fish into the mixin bowl.

14 Coat fish until breaded.

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ "Pour contents of the mixing bowl into the baking dish.": Wert(e) vom Stack nehmen und für Ausgabe vorbereiten
- ▶ "Serves X.": Ausgabe der letzten X Werte (als Zahl oder Char, je nach Zutatentyp)

```
15 Pour contents of the mixing bowl into the baking dish  
16  
17 Serves 1.
```

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ "Stir for X minutes": Den obersten Stack-Wert um X nach unten verschieben

```
1 Input int to ascii converter.  
2  
3 Ingredients.  
4 1 water  
5  
6 Method.  
7 Carbonate the water.  
8     Take water from refrigerator.  
9     Put water into mixing bowl.  
10    Stir for 999 minutes.  
11 Filter until carbonated.  
12 Pour contents of the mixing bowl into the baking dish.  
13  
14 Serves 1.
```

Deep Dive: Chef

10 Anhang II

- ▶ "Mix the mixing bowl well": Stack random permutieren
- ▶ "Clean the mixing bowl": Stack leeren
- ▶ "Liquify contents of the mixing bowl": Alle Werte im Stack zu ASCII-Chars konvertieren

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ 3 Lexeme: Space (S), Tab (T), Newline (N), alles andere sind Kommentare
- ▶ Jede Instruktion hat einen Instruction Modification Parameter (IMP)
- ▶ Nach dem IMP folgt der Befehl selbst
- ▶ Nach dem Befehl folgt ggf. ein Parameter

IMP	Bereich
S	Stack Manipulation
TS	Arithmetik
TT	Heap-Zugriff
N	Flow Control
TN	I/O

Table 1: Whitespace IMPs

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ Zahl Parameter werden als binäre Zahlen kodiert (Space=0, Tab=1)
- ▶ Zahlen beginnen mit Vorzeichen (Space=+, Tab=-) und enden mit Newline
- ▶ Dadurch sind Stack Manipulationen möglich

Befehl	Parameter	Verhalten
S	Zahl	Push Zahl auf den Stack
NS	-	Dupliziere TOS (Top of Stack)
NT	-	Tausche TOS und NOS (Top und Next on Stack)
NN	-	Entferne TOS
TS	Zahl	Kopiere die n-te Zahl vom Stack
TN	Zahl	Schiebe die obersten n Zahlen vom Stack

Table 2: Whitespace Stack Manipulations Befehle

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ Arithmetik verwendet die obersten zwei Stack-Werte
- ▶ Ergebnis von TOS op NOS (z.B. $TOS \div NOS$) wird wieder auf den Stack gelegt

Befehl	Parameter	Verhalten
SS	-	Addition
ST	-	Subtraktion
SN	-	Multiplikation
TS	-	Division (Int)
TT	-	Modulo

Table 3: Whitespace Arithmetik Befehle

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ Heap verwendet Adressierung über Stack-Werte
- ▶ TOS = Adresse(, NOS = Wert)

Befehl	Parameter	Verhalten
S	-	Speichern
T	-	Auslesen

Table 4: Whitespace Heap Befehle

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ Flow Control steuert den Programmfluss
- ▶ Labels sind beliebige Kombinationen von Space und Tab, enden mit Newline

Befehl	Parameter	Verhalten
SS	Label	Erstellt eine Sprungmarke
ST	Label	Ruft Subroutine auf
SN	Label	Sprung zu Label (ohne Bedingung)
TS	Label	Sprung zu Label (wenn TOS = 0)
TT	Label	Sprung zu Label (wenn TOS < 0)
TN	-	Beende Subroutine, übergib Kontrolle auf Aufrufenden
NN	-	Beendet das Programm

Table 5: Whitespace Flow Control Befehle

Deep Dive: Whitespace

11 Anhang III

- ▶ Die Eingabe erfolgt über die Addressierung im Heap (TOS = Adresse)
- ▶ Die Ausgabe verwendet den obersten Stack-Wert
- ▶ TOS wird immer entfernt nach Ein-/Ausgabe

Befehl	Parameter	Verhalten
TS	-	Speichert Eingabe als ASCII an Heap Adresse (TOS)
TT	-	Speichert Eingabe als Zahl an Heap Adresse (TOS)
SS	-	Ausgabe von TOS als ASCII
ST	-	Ausgabe von TOS als Zahl

Table 6: Whitespace I/O Befehle

Deep Dive: Piet

12 Anhang IV

- ▶ Stack basiert (LIFO)
- ▶ 18 Farben (6 Farbtöne x 3 Helligkeitsstufen) + Schwarz (Blocker) + Weiß (kein Befehl)

Light red (#FFC0C0)	Light yellow (#FFFFC0)	Light green (#C0FFC0)	Light cyan (#C0FFFF)	Light blue (#C0C0FF)	Light magenta (#FFC0FF)
Red (#FF0000)	Yellow (#FFFF00)	Green (#00FF00)	Cyan (#00FFFF)	Blue (#0000FF)	Magenta (#FF00FF)
Dark red (#C00000)	Dark yellow (#C0C000)	Dark green (#00C000)	Dark cyan (#00C0C0)	Dark blue (#0000C0)	Dark magenta (#C000C0)

Figure 2: Farben in Piet

Deep Dive: Piet

12 Anhang IV

- ▶ Direction Pointer (DP) zeigt die aktuelle Bewegungsrichtung an (Rechts, Unten, Links, Oben)
- ▶ DP beginnt oben links und zeigt nach rechts
- ▶ Codel Chooser (CC) bestimmt, ob bei Blockaden / Entscheidungsproblemen im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird
- ▶ CC beginnt gegen den Uhrzeigersinn
- ▶ Bei Blockaden (Schwarz oder Rand) wird zuerst der CC gewechselt, dann der DP gedreht
- ▶ Nach 8 erfolglosen Versuchen wird das Programm beendet

Deep Dive: Piet

12 Anhang IV

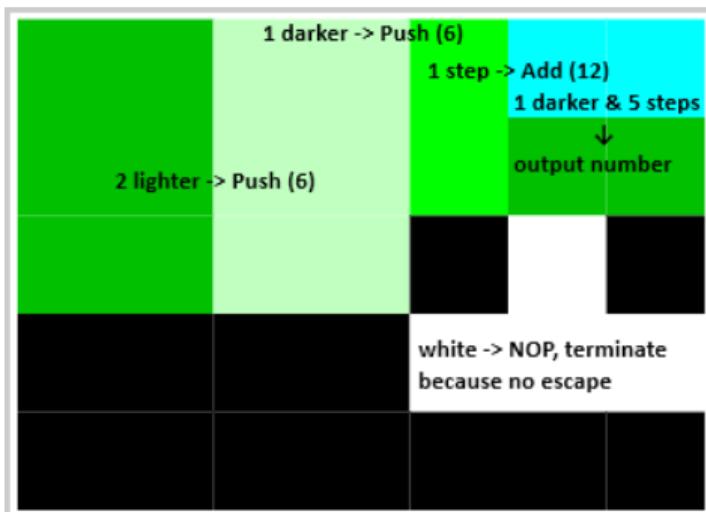
- ▶ Befehle/Instruktionen entstehen durch Farbwechsel oder Helligkeitswechsel
- ▶ Die Wechsel sind kreisförmig angeordnet, also kommt Rot nach Magenta, und Light nach Dark (1 darker ist identisch zu 2 lighter)

	Lightness change		
Hue change	No change	1 darker/2 lighter	2 darker/1 lighter
No change	N/A	Push	Pop
1 step	Add	Subtract	Multiply
2 steps	Divide	Modulo	Not
3 steps	Greater	Pointer	Switch
4 steps	Duplicate	Roll	Input num
5 steps	Input char	Output num	Output char

Deep Dive: Piet

12 Anhang IV

- ▶ Wenn eine Instruktion einen Wert benötigt (z.B. Push), wird die Anzahl der Kacheln im vorherigen Farbbereich als Wert verwendet
- ▶ Ein Farbbereich ist eine zusammenhängende Fläche gleicher Farbe (nur kardinale Richtung zählt, also nicht diagonal zusammenhängend)
- ▶ Das Folgende Beispiel zeigt die Ausgabe der Zahl 12 nach der Addition von 6 und 6



Deep Dive: Brainfuck

13 Anhang V

- ▶ Direkter Zugriff auf Speicherzellen (Array von Bytes)
- ▶ Alle Zellen sind initialisiert auf 0
- ▶ Pointer zeigt auf die aktuelle Zelle

Deep Dive: Brainfuck

13 Anhang V

► 8 Instruktionen

Instruktion	Verhalten
>	Bewege den Pointer nach rechts
<	Bewege den Pointer nach links
+	Erhöhe den Wert der aktuellen Zelle um 1
-	Verringere den Wert der aktuellen Zelle um 1
.	Gib den ASCII-Wert der aktuellen Zelle aus
,	Lese ein ASCII-Zeichen ein und speichere es in der aktuellen Zelle
[Springe zum entsprechenden] wenn der Wert der aktuellen Zelle 0 ist
]	Springe zum entsprechenden [wenn der Wert der aktuellen Zelle nicht 0 ist

Table 7: Brainfuck Befehle

Deep Dive: Brainfuck

13 Anhang V

```
1      ++++++ +++          Set Cell #0 to 8
2      [
3          >++++          Add 4 to Cell #1; this will always set Cell #1 to 4
4          [              as the cell will be cleared by the loop
5              >++          Add 4*2 to Cell #2
6              >++          Add 4*3 to Cell #3
7              >++          Add 4*3 to Cell #4
8              >+          Add 4 to Cell #5
9              <<<<-        Decrement the loop counter in Cell #1
10         ]             Loop till Cell #1 is zero
11         >+          Add 1 to Cell #2
12         >+          Add 1 to Cell #3
13         >-          Subtract 1 from Cell #4
14         >>+          Add 1 to Cell #6
15         [<]          Move back to the first zero cell you find; this will
16                         be Cell #1 which was cleared by the previous loop
17         <-          Decrement the loop Counter in Cell #0
18     ]             Loop till Cell #0 is zero
19
20 The result of this is:
21 Cell No :   0   1   2   3   4   5   6
22 Contents:   0   0   72  104  88  32   8
23 Pointer :   ^
```

Deep Dive: Brainfuck

13 Anhang V

```
24 >>.           Cell #2 has value 72 which is 'H'  
25 >---.         Subtract 3 from Cell #3 to get 101 which is 'e'  
26 ++++++ ++++. Likewise for 'llo' from Cell #3  
27 >>.           Cell #5 is 32 for the space  
28 <-.           Subtract 1 from Cell #4 for 87 to give a 'W'  
29 <.            Cell #3 was set to 'o' from the end of 'Hello'  
30 +++.----- -.-----. Cell #3 for 'rl' and 'd'  
31 >>+.          Add 1 to Cell #5 gives us an exclamation point  
32 >++.          And finally a newline from Cell #6
```