Aufgabe 2: ChoreoGraph DAG Lösung

Team-ID: 00001

Team-Name: Was?

Bearbeiter dieser Aufgabe:
Mathieu de Borman

28. November 2025

Inhaltsverzeichnis

1 Lösungsidee 1
1.1 Vereinfachungen 1
1.2 Darstellung als Graph 1
1.2.1 Beispiel 2
1.3 Erstellen des Graphs 2
1.4 DAG 2
1.5 Optimierungsziele 2
2 Umsetzung 2
2.1 Bäume 3
3 Komplexitätsanalyse 3
4 Beispiele 3
4.1 Standardbeispiele 4
4.2 Zusatzbeispiele 10
5 Quellcode 16

1 Lösungsidee

Alle möglichen Lösungen werden durch einen DAG dargestellt, aus dem die Lösungen der verschiedenen Optimierungsziele berechnet werden.

1.1 Vereinfachungen

Ich spreche hier nur von drei Personen anstelle von 16. Die Lösung ist jedoch auf 16 Personen skalierbar.

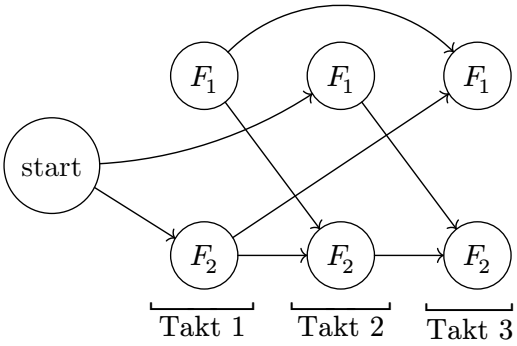
1.2 Darstellung als Graph

Sei F ein Tupel der Figuren, sei m die Anzahl an Takten.
Daraus kann nun ein gerichteter Graph konstruiert werden, bei dem jeder Knoten einer bestimmten Figur und dessen Endzeit entspricht. Es gibt also für jede Taktzahl von 0 bis m ganze $|F|$ verschiedene Knoten. Die Kanten ausgehend aus einer Figur $f \in F$ zeigen an, welche Figur direkt nach f getanzt werden kann. Jede mögliche Choreographie entspricht dann einem Pfad von den Start- zu den Endknoten.

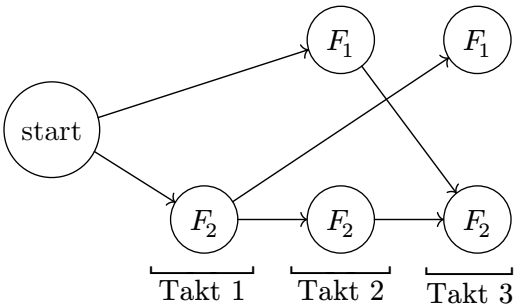
1.2.1 Beispiel

Jede Figur wird als ein tupel dargestellt mit: (dauer, Endpositionen der Personen)
$F = ((2, \text{ACB}), (1, \text{CBA}))$
$m = 3$

Der daraus entstehende Graph:



Der Graph ohne überflüssige Kanten und Knoten:



1.3 Erstellen des Graphs

Es werden wiederholt, nach einem bestimmten Schema, Kanten aus dem Graphen entfernt, die nicht relevant sind. Am Ende entsteht ein Graph, bei dem jede Kante mindestens eine mögliche Lösung repräsentiert, die die Nebenbedingungen erfüllt.

Hierfür werden zunächst von Start bis Ende alle erreichbaren Zustände für alle Knoten ermittelt. Anschließend werden diejenigen Zustände und Kanten gelöscht, die nicht bis zum Ende führen.

Das Schema wird insgesamt dreimal mit folgenden Kriterien ausgeführt:
1. Taktlängen
2. Einzelne Positionen der Tänzer
3. Permutationen der Tänzer

Im dritten Durchlauf wird darauf geachtet, dass eine Permutation nur weiter geprüft wird, wenn auch alle Einzelpositionen dieser Permutation erreicht werden können.

1.4 DAG

Die Ergebnisse des dritten Durchlaufs werden verwendet, um einen DAG zu erstellen, bei dem jeder Knoten eine erreichbare Permutation eines Knotens des vorherigen Graphen darstellt. Dadurch entspricht jeder mögliche Pfad im DAG genau einer möglichen Lösung.

1.5 Optimierungsziele

Auf dem DAG können die Lösungen für die Optimierungsziele 2 bis 5 mittels Greedy-Verfahren im Graph ermittelt werden. Für das erste Optimierungsziel ist diese Methode jedoch nicht optimal. Deshalb werden hierfür alle möglichen Pfade berechnet und der Pfad, der das erste Optimierungsziel am besten erfüllt, als Lösung ausgewählt. Falls die Anzahl möglicher Lösungen sehr groß ist (nicht der Fall bei allen BwInf-Eingaben), wird das erste Optimierungsziel greedy ermittelt, also nur angenähert.

2 Umsetzung

Die Lösung wurde in JavaScript umgesetzt.

2.1 Bäume

Um die 16! möglichen verschiedenen Perumtationen effizient speichern zu können, werden diese alle.

3 Komplexitätsanalyse

Wir setzen voraus, dass die Grundrechenarten in konstanter Zeit durchführbar sind und dass Zahlen konstant viel Speicher belegen. Wir betrachten die Laufzeit in Abhängigkeit von der Anzahl verschiedener Figuren f und der Anzahl an Takten t. Das Einlesen der Daten hat die Laufzeitkomplexität $\mathcal{O}(f)$.

Ein einzelner Durchlauf des Graphen benötigt $\mathcal{O}(tf^2)$. Für alle Optimierungsziele außer dem ersten Optimierungsziel ergibt isch damit ebenfalls $\mathcal{O}(tf^2)$. Beim ersten Optimierungsziel kommt ein zusätzlicher Term n für die Anzahl geprüfter Pfade hinzu, sodass die Komplexität $\mathcal{O}(tf^2 + n)$ ist. Im schlimmsten Fall gilt $n = f^t$, daher ist die Laufzeitkomplexität des Programms $\mathcal{O}(f^t)$.

4 Beispiele

Alle Beispiele wurden mit dem gleichen Programm berechnet. Dabei war dieses Programm in der Lage, alle Lösungen innerhalb einer Sekunde zu berechnen. Um die Leistungsfähigkeit unseres Programms zu veranschaulichen, haben wir uns dazu entschieden, weitere Beispielsaufgaben zu erstellen, die Extremsituationen sowie weitere erwartbare Szenarien widerspiegeln.

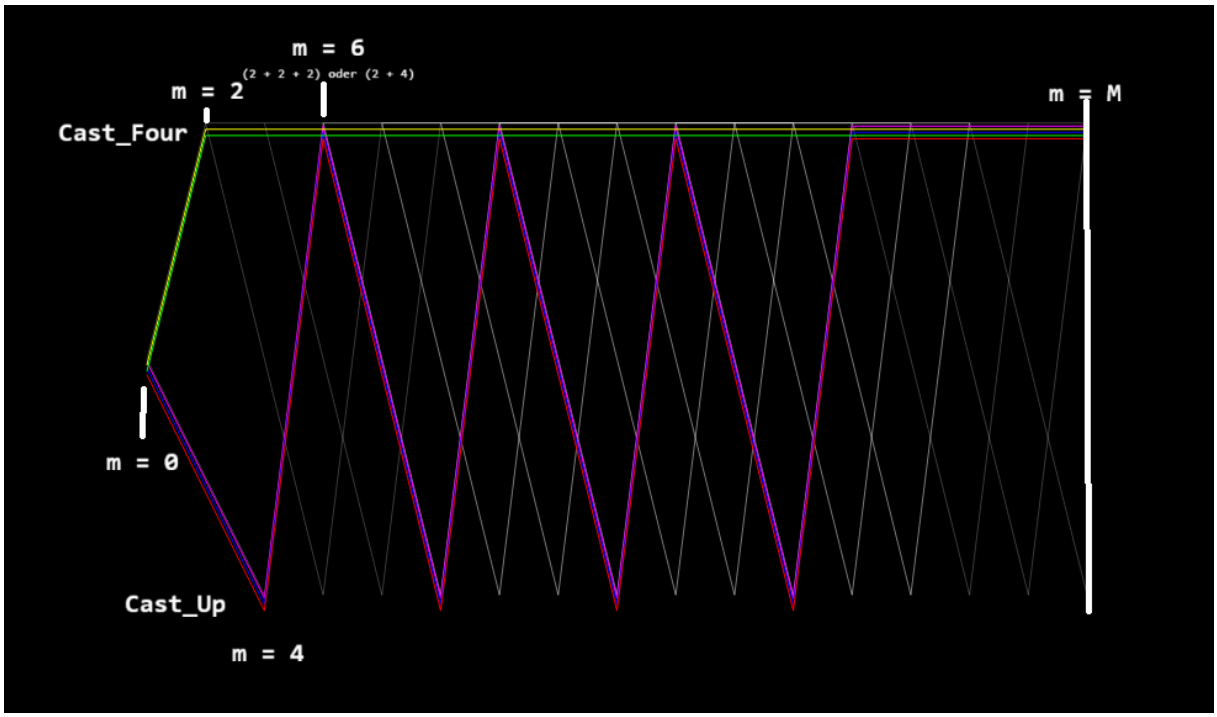
Lösungen mit große Ausgaben sind im Ordner zu finden. Eigene Aufgaben sind ebenfalls im Ordner zu finden.

Zu den Lösungen haben wir außerdem noch eine Grafik eingefügt, die die Entscheidung des Programms darstellt. Dabei steht die x-Achse für die Anzahl der Takte (wobei der letzte Wert M sowie der Anfangswert 0 entspricht) und die y-Achse für die einzelnen Figuren (von oben nach unten in der Reihenfolge der Aufgabendatei). Alle in der Grafik aufgezeigten Wege stellen ein mögliches Ergebnis dar.

Bestimmte Wegentscheidungen, die zur Endergebnisentscheidung geführt haben, werden mit Farben markiert. Dabei steht Pink für die am meisten unterschiedlichen Figuren, Gelb für die größte absolute Anzahl an Figuren, Blau für die geringste absolute Anzahl an Figuren, Grün für den Maximalbetrag der erforderlichen Bewegungen sowie Rot für den Minimalbetrag der erforderlichen Bewegungen.

Hinweis: Die Grafik stellt in keiner Weise die Endposition der Figuren dar, sondern nur die Entscheidungen der Figuren. Gibt es für eine Aufgabe keine Lösung, so gibt es auch keine Grafik, da keine Grafik dargestellt werden kann, die zur Lösung führt.

Unten ist ein Beispiel für choreo01.txt zu finden.



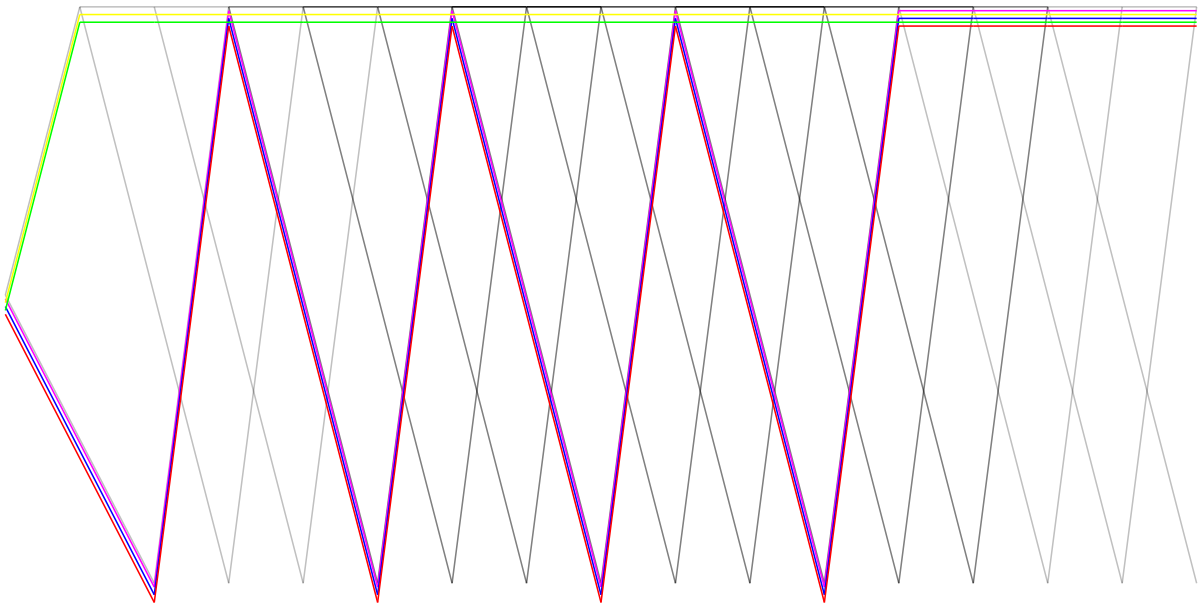
4.1 Standardbeispiele

choreo01.out

Das erste Beispiel lief ohne Probleme. Durch den Verlauf der Positionen erkennt man, dass alle Positionen korrekt und problemlos ausgerechnet wurden.

```
Runtime: 0.015s

Distinct solutions: 13

most distinct Figures (pink):
2 distinct Figures
Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four
ABCDEFGHIJKLMNOP
PABCDEFGHIJKLMNO
MBCDAFGHEJKLINOP
LABCPEFGDIJKHMNO
IBCDMFGHAJKLENOP
HABCLEFGPIJKDMNO
EBCDIFGHMJKLANOP
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
16 Figures
Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
12 Figures
Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four
ABCDEFGHIJKLMNOP
PABCDEFGHIJKLMNO
MBCDAFGHEJKLINOP
LABCPEFGDIJKHMNO
IBCDMFGHAJKLENOP
HABCLEFGPIJKDMNO
EBCDIFGHMJKLANOP
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
384m
```

```
Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
312m
Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Up→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four→Cast_Four
ABCDEFGHIJKLMNOP
PABCDEFGHIJKLMNO
MBCDAFGHEJKLINOP
LABCPEFGDIJKHMNO
IBCDMFGHAJKLENOP
HABCLEFGPIJKDMNO
EBCDIFGHMJKLANOP
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BCDAFGHEJKLINOPM
CDABGHEFKLIJOPMN
DABCHEFGLIJKPMNO
ABCDEFGHIJKLMNOP


,
```



choreo02.out

Durch die verschiedenen Veränderungen der Positionen können keine Lösungen ausgerechnet werden, die genau auf 24 Takte enden und gleichzeitig zur Urposition zurückführen.

```
Runtime: 0.012s
Keine Lösung!
```

choreo03.out

Die Taktdauer (48) lässt sich nicht ohne Rest durch 5 teilen. Da nur zwei Figuren gegeben wurden und die erste Figur 5 Takte benötigt, während die zweite Figur das doppelte von der ersten Taktdauer benötigt, lassen sich keine Ergebnisse ohne Rest bilden, weshalb keine Lösungen berechnet werden können.

```
Runtime: 0.002s
Keine Lösung!
```

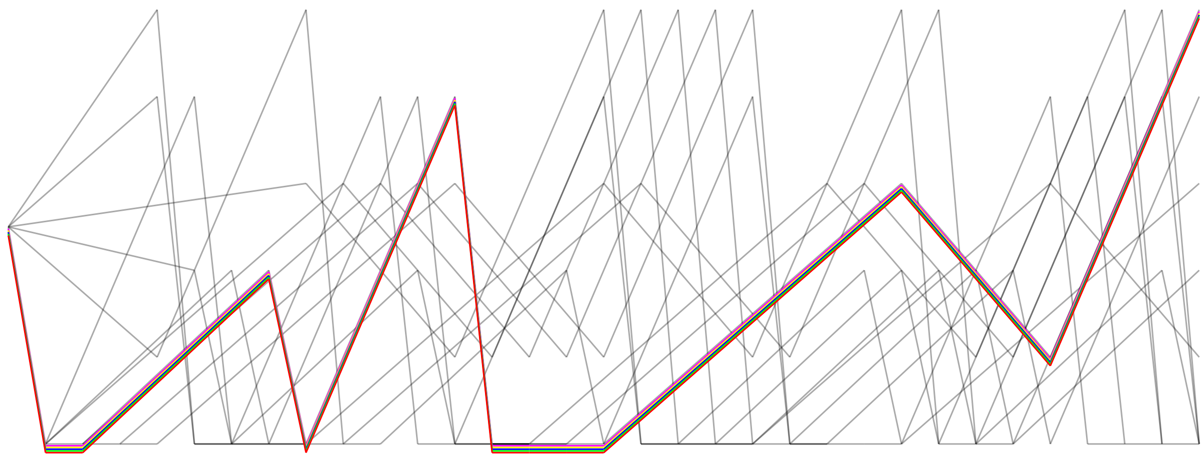
choreo04.out

Trotz ungewöhnlicher Taktdauer sowie durch die Figuren verursachter Positionen konnten Lösungen gefunden werden.

```
Runtime: 0.489s

Distinct solutions: 12

most distinct Figures (pink):
6 distinct Figures
Fan→Fan→Hover→Fan→Hockey_Stick→Fan→Fan→Fan→Appel→Bounce→Aida
ABCDEFGHIJKLMNOP
MKHLEIOJGDCPNABF
NCJPEGBDOLHFAMKI
OEKMPAJNHILCBFDG
BECNFMDAJGPHKILO
AFIHPEDGNJLBOMKC
MIGJFELOADPKBNCH
NGODIEPBMLFCKAHJ
AOBLGEFKNPIHCMJD
MBKPOEICAFGJHNDL
NIDGELHOJKBMCAFP
NFMEHGPKBOJLIACD
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
12 Figures
Fan→Fan→Hover→Fan→Hockey_Stick→Fan→Fan→Fan→Fan→Appel→Bounce→Aida
ABCDEFGHIJKLMNOP
MKHLEIOJGDCPNABF
NCJPEGBDOLHFAMKI
OEKMPAJNHILCBFDG
BECNFMDAJGPHKILO
AFIHPEDGNJLBOMKC
MIGJFELOADPKBNCH
NGODIEPBMLFCKAHJ
AOBLGEFKNPIHCMJD
MBKPOEICAFGJHNDL
NIDGELHOJKBMCAFP
NFMEHGPKBOJLIACD
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
12 Figures
Fan→Fan→Hover→Fan→Hockey_Stick→Fan→Fan→Fan→Fan→Appel→Bounce→Aida
ABCDEFGHIJKLMNOP
MKHLEIOJGDCPNABF
NCJPEGBDOLHFAMKI
OEKMPAJNHILCBFDG
BECNFMDAJGPHKILO
AFIHPEDGNJLBOMKC
MIGJFELOADPKBNCH
NGODIEPBMLFCKAHJ
AOBLGEFKNPIHCMJD
MBKPOEICAFGJHNDL
NIDGELHOJKBMCAFP
NFMEHGPKBOJLIACD
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
1154m
Fan→Fan→Hover→Fan→Hockey_Stick→Fan→Fan→Fan→Fan→Appel→Bounce→Aida
ABCDEFGHIJKLMNOP
MKHLEIOJGDCPNABF
```

```
NCJPEGBDOLHFAMKI
OEKMPAJNHILCBFDG
BECNFMDAJGPHKILO
AFIHPEDGNJLBOMKC
MIGJFELOADPKBNCH
NGODIEPBMLFCKAHJ
AOBLGEFKNPIHCMJD
MBKPOEICAFGJHNDL
NIDGELHOJKBMCAFP
NFMEHGPKBOJLIACD
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
1154m
Fan→Fan→Hover→Fan→Hockey_Stick→Fan→Fan→Fan→Fan→Appel→Bounce→Aida
ABCDEFGHIJKLMNOP
MKHLEIOJGDCPNABF
NCJPEGBDOLHFAMKI
OEKMPAJNHILCBFDG
BECNFMDAJGPHKILO
AFIHPEDGNJLBOMKC
MIGJFELOADPKBNCH
NGODIEPBMLFCKAHJ
AOBLGEFKNPIHCMJD
MBKPOEICAFGJHNDL
NIDGELHOJKBMCAFP
NFMEHGPKBOJLIACD
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

,

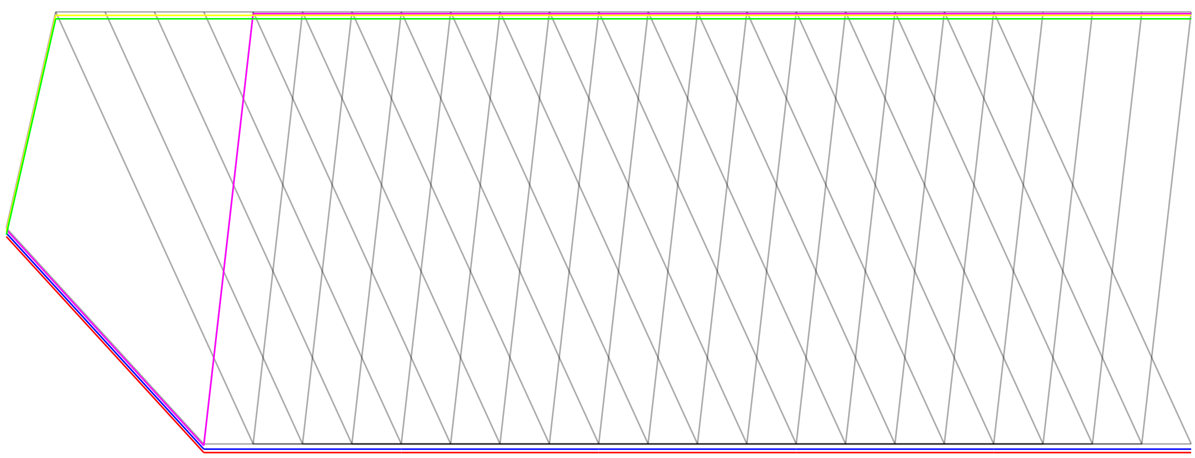


choreo05.out

```
Runtime: 0.087s

Distinct solutions: 1252

most distinct Figures (pink):
2 distinct Figures
Spot_Turn→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist
ABCDEFGHIJKLMNOP
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
ABCDEFGHIJKLMNOP
NBGLAFEOKDIHCPMJ
PBEHNFAMILKOGJCD
JBAOPFNCKHIMEDGL
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
```

```
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
24 Figures
Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twis
ABCDEFGHIJKLMNOP
NBGLAFEOKDIHCPMJ
PBEHNFAMILKOGJCD
JBAOPFNCKHIMEDGL
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
ABCDEFGHIJKLMNOP
NBGLAFEOKDIHCPMJ
PBEHNFAMILKOGJCD
JBAOPFNCKHIMEDGL
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
6 Figures
Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn
ABCDEFGHIJKLMNOP
DBNMJFPGIOKCALEH
MBLAOFHPIEKNDCJG
ABCDEFGHIJKLMNOP
DBNMJFPGIOKCALEH
MBLAOFHPIEKNDCJG
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
1728m
Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twist→Hip_Twis
ABCDEFGHIJKLMNOP
NBGLAFEOKDIHCPMJ
PBEHNFAMILKOGJCD
JBAOPFNCKHIMEDGL
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
ABCDEFGHIJKLMNOP
NBGLAFEOKDIHCPMJ
PBEHNFAMILKOGJCD
JBAOPFNCKHIMEDGL
DBNMJFPGIOKCALEH
LBPCDFJEKMIGNHAO
HBJGLFDAICKEPONM
OBDEHFLNKGIAJMPC
MBLAOFHPIEKNDCJG
CBHNMFOJKAIPLGDE
GBOPCFMDINKJHELA
EBMJGFCLKPIDOAHN
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
504m
Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn→Spot_Turn
ABCDEFGHIJKLMNOP
DBNMJFPGIOKCALEH
MBLAOFHPIEKNDCJG
ABCDEFGHIJKLMNOP
DBNMJFPGIOKCALEH
MBLAOFHPIEKNDCJG
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

,

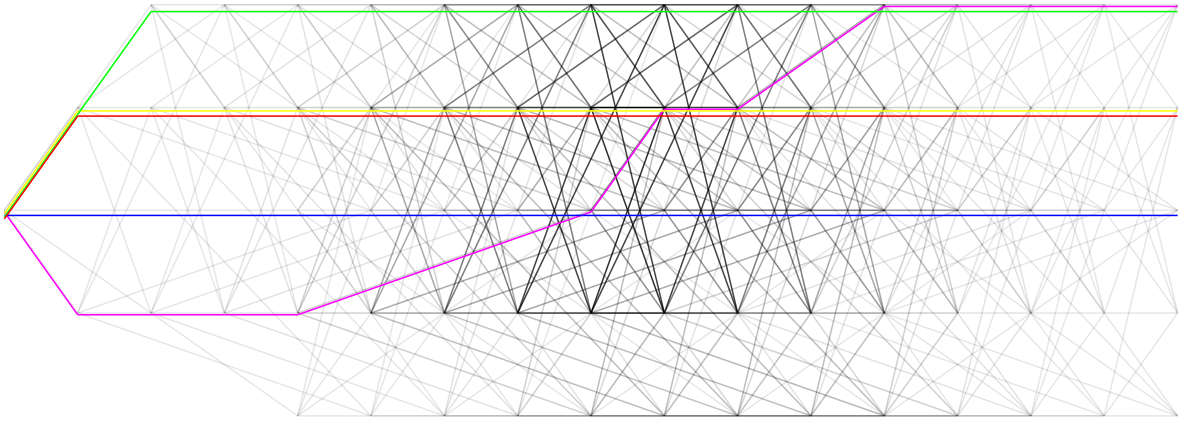


choreo06.out

```
Runtime: 0.12s

Distinct solutions: 47014

most distinct Figures (pink):
4 distinct Figures
Cycle_Back→Cycle_Back→Cycle_Back→Cycle_Back→Sides→Pairs→Pairs→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4
ABCDEFGHIJKLMNOP
PABCDEFGHIJKLMNO
OPABCDEFGHIJKLMN
NOPABCDEFGHIJKLM
MNOPABCDEFGHIJKL
EFGHIJKLMNOPABCD
FEHGJILKNMPOBADC
EFGHIJKLMNOPABCD
IJKLMNOPABCDEFGH
MNOPABCDEFGHIJKL
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
16 Figures
Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
4 Figures
Sides→Sides→Sides→Sides
ABCDEFGHIJKLMNOP
IJKLMNOPABCDEFGH
ABCDEFGHIJKLMNOP
IJKLMNOPABCDEFGH
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
768m
Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4→Cycle_4
ABCDEFGHIJKLMNOP
EFGHIJKLMNOPABCD
IJKLMNOPABCDEFGH
MNOPABCDEFGHIJKL
ABCDEFGHIJKLMNOP
EFGHIJKLMNOPABCD
IJKLMNOPABCDEFGH
MNOPABCDEFGHIJKL
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
256m
Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs→Pairs
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
```

```
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
BADCFEHGJILKNMPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

,



choreoA.out

Bei der choreoA handelt es sich um eine erweiterte Version von choreo03.txt. Alle 23 Taktdauern können nicht ohne Rest durch 48 geteilt werden. Hinzu können keine Summen gebildet werden, die genau den Wert 48 entsprechen (beweisbar per DP). Aus diesem Grund, gibt es hier keine Lösung.

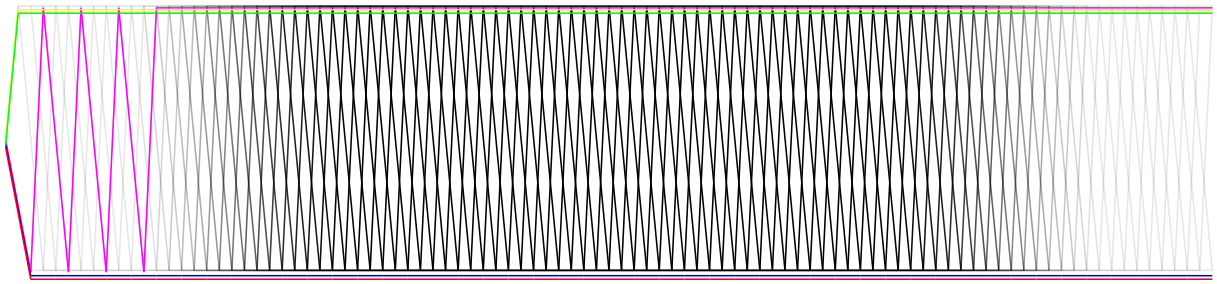
```
Runtime: 0.034s
Keine Lösung!
```

4.2 Zusatzbeispiele

Custom1.out

Beim Custom1.txt handelt es sich um choreo01.txt, jedoch für M = 192. Die Ausgabe is im Beispielsordner zu finden.

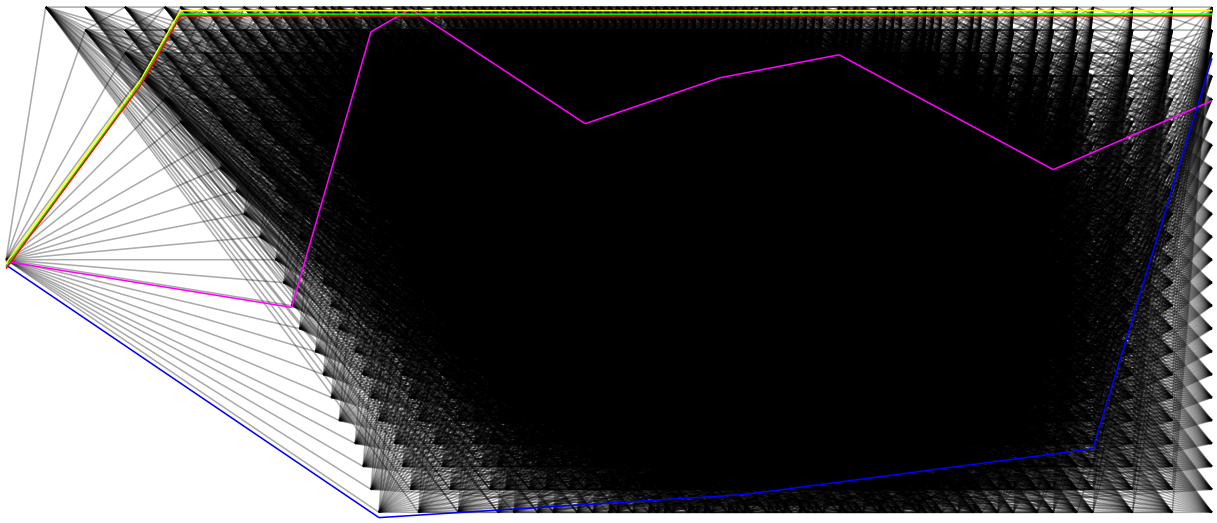
,



Custom3.out

Beim Custom3.txt handelt es sich um choreoA.txt, jedoch für M = 152. Die Ausgabe ist im Beispielsordner zu finden.

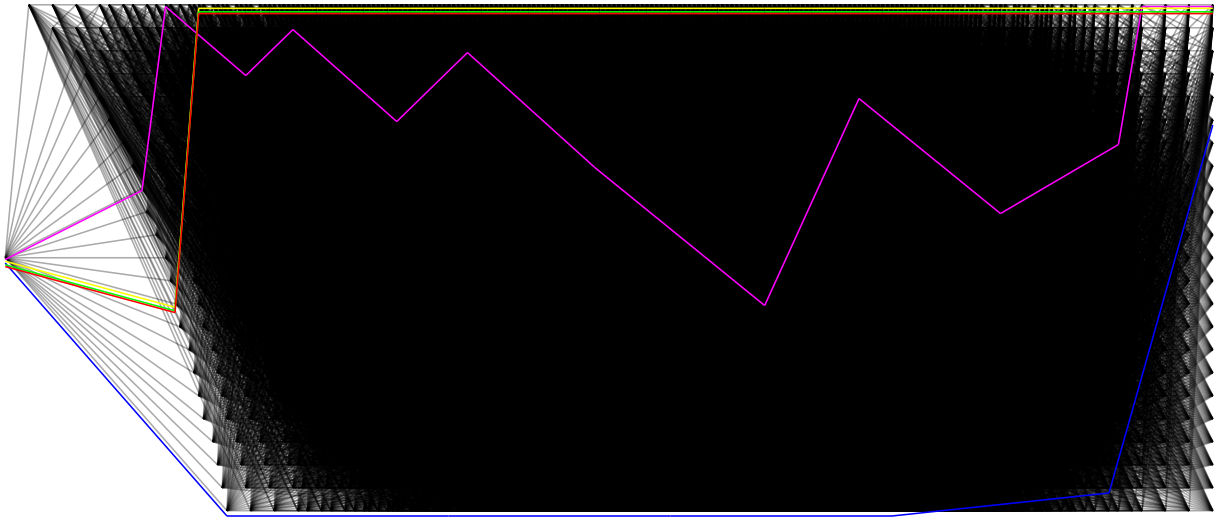
,



Custom4.out

Beim Custom4.txt handelt es sich um choreoA.txt, jedoch für M = 256. Die Ausgabe ist im Beispielsordner zu finden.

,



PyCustom1.out

Elf zufällig generierte Figuren mit zufällige Endpositionen sowie Taktdauer zwischen 1 und 2 (inklusiv) mit M = 8. Durch die absolut zufällige Positionen können keine Lösungen generiert werden, die zum Startposition führen.

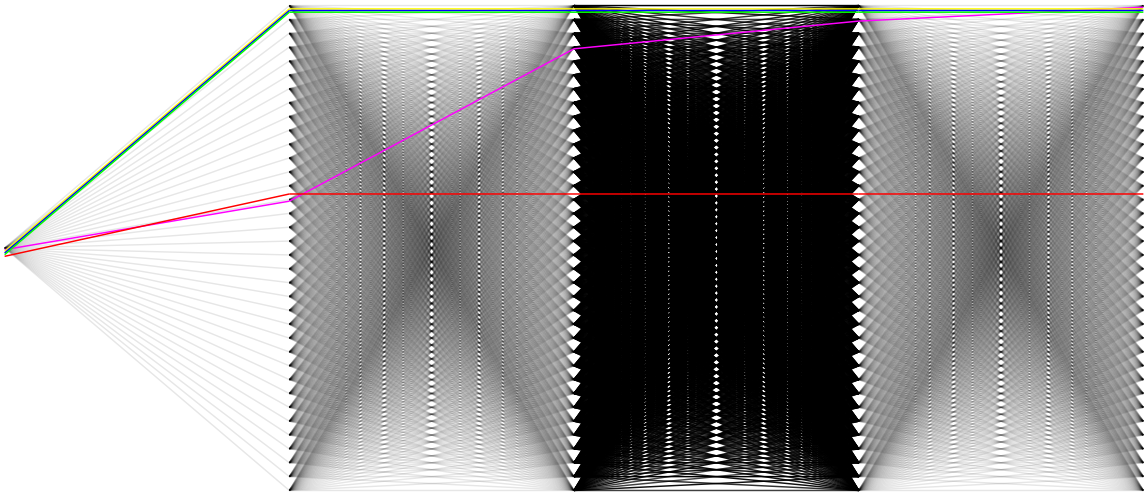
```
Runtime: 0.104s
Keine Lösung!
```

PyCustom2.out

Beim PyCustom2 wurde mehrere zufällige Figuren mit unterschiedlichen Taktdauern generiert. Dies wurde ebenfalls problemlos gelöst.

```
Runtime: 0.177s

Distinct solutions: 70410

most distinct Figures (pink):
4 distinct Figures
custom14→custom3→custom1→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
CABDGEFHKIJLOMNP
BDCAFHGEJLKINPOM
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
4 Figures
custom0→custom0→custom0→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
4 Figures
custom0→custom0→custom0→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
```

```
128m
custom0→custom0→custom0→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDABGHEFKLIJOPMN
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
32m
custom13→custom13→custom13→custom13
ABCDEFGHIJKLMNOP
BACDFEGHJIKLNMOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
BACDFEGHJIKLNMOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

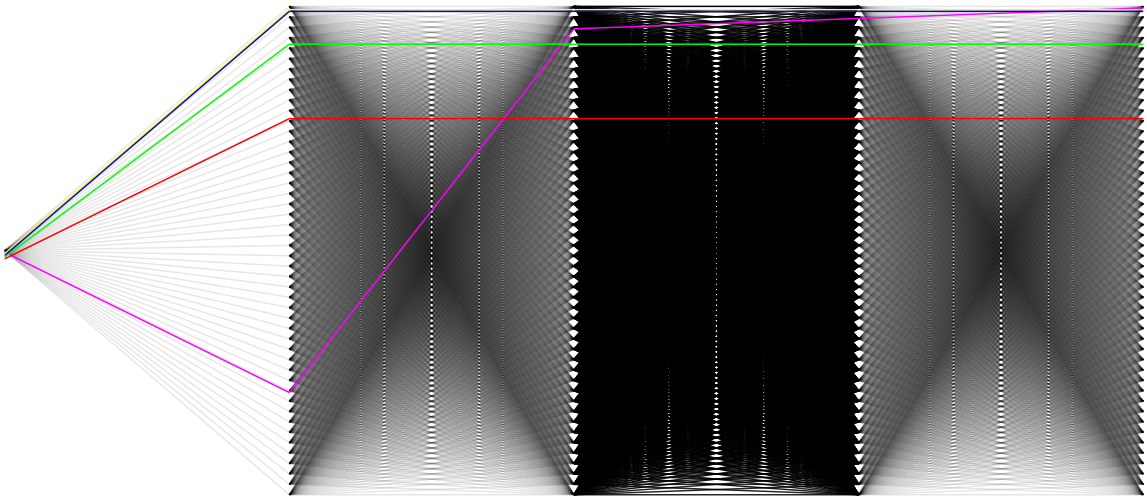


PyCustom3.out

Beim PyCustom3 wurde weitere zufällige Figuren mit unterschiedlichen Taktdauern generiert.

```
Runtime: 0.234s

Distinct solutions: 225631

most distinct Figures (pink, maybe not Optimal):
4 distinct Figures
custom37→custom2→custom1→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
ADCBEHGFILKJMPON
DBCAHFGELJKIPNOM
ABDCEFHGIJLKMNPO
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
4 Figures
custom0→custom0→custom0→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABDCEFHGIJLKMNPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABDCEFHGIJLKMNPO
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
4 Figures
custom0→custom0→custom0→custom0
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABDCEFHGIJLKMNPO
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

```
ABDCEFHGIJLKMNPO
ABCDEFGHIJKLMNOP

longest Distance (green):
128m
custom3→custom3→custom3→custom3
ABCDEFGHIJKLMNOP
DCBAHGFELKJIPONM
ABCDEFGHIJKLMNOP
DCBAHGFELKJIPONM
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
0m
custom10→custom10→custom10→custom10
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

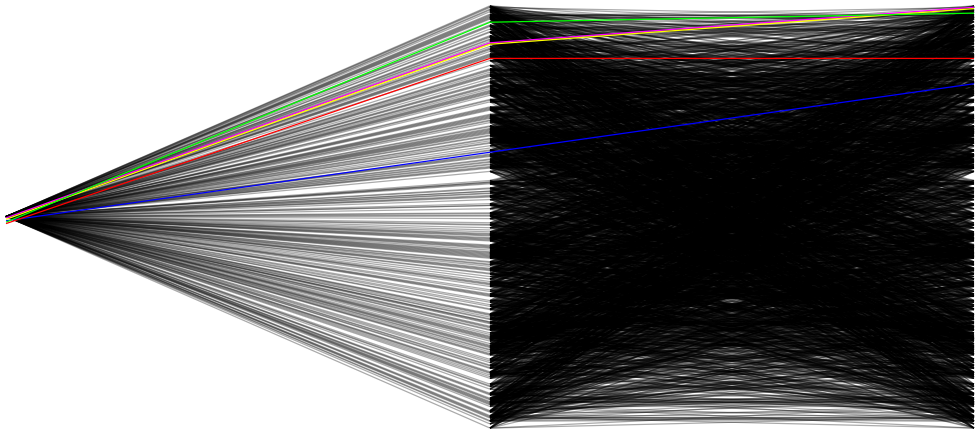


PyCustom4.out

Beim PyCustom4 wurde sehr viele zufällige Figuren mit unterschiedlichen Taktdauern für M = 2 generiert.

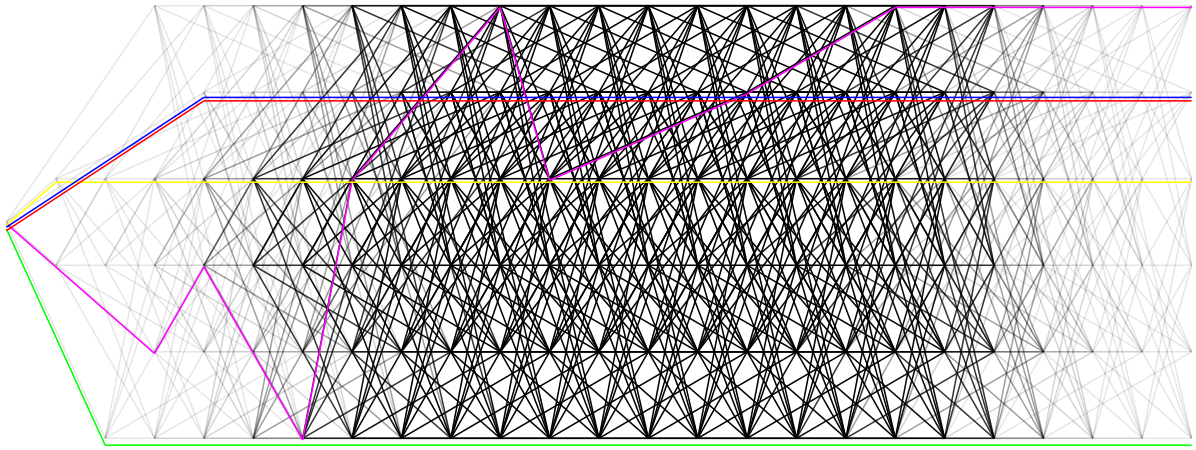
```
Runtime: 0.202s

Distinct solutions: 3042

most distinct Figures (pink):
2 distinct Figures
custom44→custom1
ABCDEFGHIJKLMNOP
CABDGEFHKIJLOMNP
ABCDEFGHIJKLMNOP

most Figures (yellow):
2 Figures
custom44→custom1
ABCDEFGHIJKLMNOP
CABDGEFHKIJLOMNP
ABCDEFGHIJKLMNOP

least Figures (blue):
1 Figures
custom90
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
```

```
longest Distance (green):
64m
custom14→custom3
ABCDEFGHIJKLMNOP
CDBAGHFEKLJIOPNM
ABCDEFGHIJKLMNOP

shortest Distance (red):
0m
custom56→custom56
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
ABCDEFGHIJKLMNOP
```



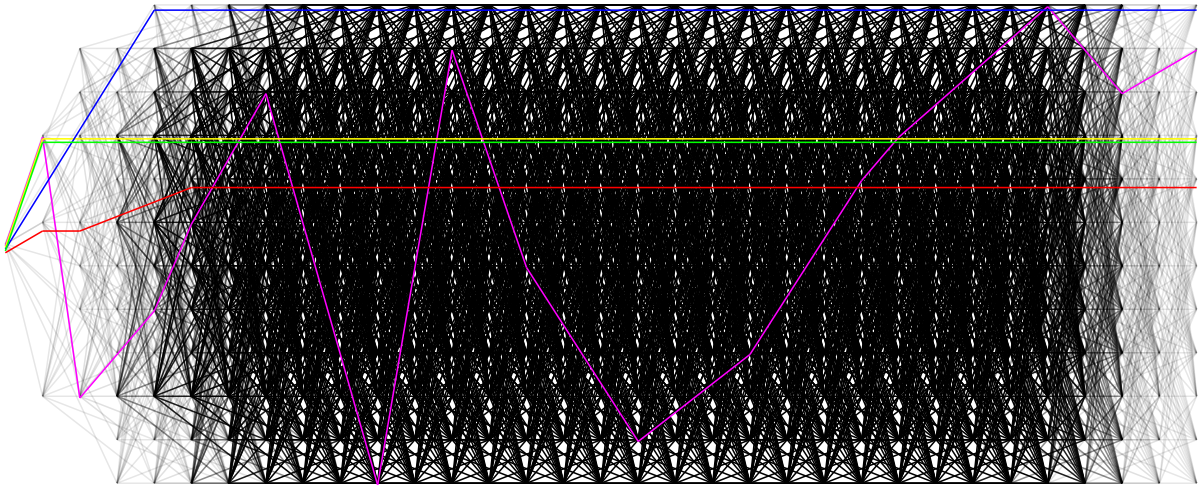
PyCustom5.out

Beim PyCustom5 wurde eine erwartbare Aufgabenstellung imitiert. Die Ausgabe ist im Beispielsordner zu finden.



PyCustom6.out

Beim PyCustom6 wurde eine erwartbare schwierige Aufgabenstellung imitiert. Die Ausgabe ist im Beispielsordner zu finden.



5 Quellcode

script.js JavaScript

```
161 //Prüfe, ob die Liste einen Eintrag hat
162 function con(connections) {
163  for (let i = 0; i < connections.length; i++) {
164   if (connections[i]) {
165    return 1
166   }
167  }
168  return 0
169 }
170 //Erstelle Anfangsgraphen mit Knoten, die zeitlich passen
171 function allOpt(m, figuren) {
172  let n = figuren.length
173  let nodes = []
174  for (let i = 0; i <= m; i++) {
175   nodes[i] = []
176   for (let j = 0; j < n; j++) {
177    nodes[i][j] = [[], []]
178   }
179  }
180  nodes[0] = [[[], []]]
181  let time = 0
182  let childTime = l => figuren[l][0] + time
183  let getNode = l => nodes[childTime(l)][l]
184  let addChilds = (i, j) => {
185   for (let l = 0; l < n; l++) {
186    if (childTime(l) <= m) {
187     nodes[i][j][1][l] = getNode(l)
188     getNode(l)[0][j] = nodes[i][j]
189    }
190   }
```

```
  }
  addChilds(0, 0)
  for (let i = 1; i < m; i++) {
   time++
   for (let j = 0; j < n; j++) {
    if (con(nodes[i][j][0])) {
     addChilds(i, j)
    }
   }
  }
  return nodes
}
//Lösche gerichtete Kanten zu einer Position
function clearDir(node, dir, pos) {
  for (let i = 0; i < node[dir].length; i++) {
   if (node[dir][i]) {
    node[dir][i][0][1 - dir][pos] = 0
   }
  }
  node[dir].length = 0
}
//Vereine zwei Positionslisten (parent[ind] ∪ list2)
function unionList(parent, list2, ind) {
  let list1 = parent[ind]
  if (list2 == undefined || list1 == list2) {
   return
  }
  if (list1 == undefined) {
   if (typeof list2 == "number") {
    parent[ind] = list2
   } else {
    parent[ind] = [...list2]
   }
   return
  }
  if (typeof list1 == "number") {
   parent[ind] = []
   parent[ind][list1] = 1
   list1 = parent[ind]
  }
  if (typeof list2 == "number") {
   list1[list2] = 1
   return
  }
  for (let i = 0; i < list2.length; i++) {
```

```
    list1[i] |= list2[i]
  }
}
//Berechne, wie sich Positionen nach dem Tanz der Figur verändern
function playList(parent, conv, ind) {
  let list = parent[ind]
  if (list == undefined) {
    return
  }
  if (typeof list == "number") {
    parent[ind] = conv[list]
    return
  }
  parent[ind] = []
  for (let i = 0; i < list.length; i++) {
    parent[ind][conv[i]] = list[i]
  }
}
//Schnittmenge zweier Positionslisten (Positionen, die beide erreichen)
function interList(list1, list2) {
  if (list1 == undefined || list2 == undefined) {
    return undefined
  }
  if (typeof list1 == "number" && typeof list2 == "number") {
    return list1 == list2 ? list1 : undefined
  }
  if (typeof list1 == "number") {
    return list2[list1] ? list1 : undefined
  }
  if (typeof list2 == "number") {
    return list1[list2] ? list2 : undefined
  }
  let sum = 0
  let out = []
  for (let i = 0; i < list1.length; i++) {
    if (list1[i] && list2[i]) {
      sum++
      out[i] = 1
    }
  }
  if (!sum) {
    return undefined
  } else if (sum == 1) {
    return out.length - 1
  }
```

```
 return out
}
//Bestimme für eine Person, welche Positionen erreichbar sind
function filter(figuren, nodes, person) {
 let m = nodes.length - 1
 let n = figuren.length
 nodes[0][0][2] = person
 for (let i = 1; i <= m; i++) {
  for (let j = 0; j < n; j++) {
   let node = nodes[i][j]
   for (let l = 0; l < node[0].length; l++) {
    if (node[0][l]) {
     unionList(node, node[0][l][0][2], 2)
    }
   }
   playList(node, figuren[j][1], 2)
  }
 }
 for (let i = 0; i < n; i++) {
  nodes[m][i][3] = interList(person, nodes[m][i][2])
 }
 for (let i = m; i > 0; i--) {
  for (let j = 0; j < n; j++) {
   let node = nodes[i][j]
   playList(node, figuren[j][2], 3)
   for (let l = 0; l < node[0].length; l++) {
    if (node[0][l]) {
     unionList(node[0][l][0], interList(node[0][l][0][2], node[3]), 3)
    }
   }
  }
 }
 for (let i = 0; i <= m; i++) {
  for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
   let node = nodes[i][j]
   if (node[3] == undefined) {
    clearDir(node, 0, j)
    clearDir(node, 1, j)
   } else {
    for (let l = 0; l < node[1].length; l++) {
     if (node[1][l]) {
      let inter = interList(node[2], node[1][l][0][3])
      if (inter == undefined) {
       node[1][l][0][0][j] = 0
       node[1][l] = 0
```

```
      } else {
        node[1][l][1][person] = inter
      }
     }
    }
   node.length = 2
  }
 }
}
//Berechne die Umkehrabbildung einer Permutation
function convBack(conv) {
 let out = []
 for (let i = 0; i < 16; i++) {
  out[conv[i]] = i
 }
 return out
}
//Erweitere Kantenstruktur um Speicher für Referenzen
function extendEdges(nodes) {
 for (let i = 0; i < nodes.length; i++) {
  for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
   let node = nodes[i][j]
   for (let l = 0; l < node[1].length; l++) {
    if (node[1][l]) {
     let keys = []
     node[1][l][0][j] = [node[1][l][0][j], keys]
     node[1][l] = [node[1][l], keys]
    }
   }
  }
 }
}
//Simuliere den Tanz einer Figur auf einer Positionsliste
function playFigur(pos, conv) {
 let out = []
 for (let i = 0; i < 16; i++) {
  out[i] = conv[pos[i]]
 }
 return out
}
//Bestimme Teilbaum, der in der nächsten Figur noch vorkommen könnte
function passesTree(tree, edge, ind = 0) {
 if (tree[0] == -1) {
  for (let i = 1; i < tree.length; i++) {
```

```
371     let isNum = typeof edge[16 - i] == "number"
372     if ((isNum && edge[16 - i] != tree[i]) || (!isNum && !edge[16 - i][tree[i]])) {
373       return []
374     }
375    }
376    return [...tree]
377   }
378   if (typeof edge[ind] == "number") {
379    if (tree[edge[ind] + 1]) {
380     let child = passesTree(tree[edge[ind] + 1], edge, ind + 1)
381     if (child[0] == -1) {
382       child.push(edge[ind])
383       return child
384     }
385     let out = [tree[0]]
386     out[edge[ind] + 1] = child
387     return out
388    }
389    return []
390   }
391   let treeCopy = []
392   treeCopy[0] = 0
393   for (let i = 1; i < tree.length; i++) {
394    if (tree[i] && edge[ind][i - 1]) {
395     let child = passesTree(tree[i], edge, ind + 1)
396     if (child[0]) {
397       treeCopy[i] = child
398       treeCopy[0]++
399     }
400    }
401   }
402   if (treeCopy[0] == 1 && treeCopy[treeCopy.length - 1][0] == -1) {
403    treeCopy[treeCopy.length - 1].push(treeCopy.length - 2)
404    return treeCopy[treeCopy.length - 1]
405   }
406   return treeCopy
407  }
408  //Wende die Figurrotation auf einen Baum an
409  function playTree(tree, conv) {
410   if (tree[0] == -1) {
411    for (let i = 1; i < tree.length; i++) {
412     tree[i] = conv[tree[i]]
413    }
414    return
415   }
```

```
416   let treeCopy = [...tree]
417   tree.length = 1
418   for (let i = 1; i < treeCopy.length; i++) {
419    if (treeCopy[i]) {
420     playTree(treeCopy[i], conv)
421     tree[conv[i - 1] + 1] = treeCopy[i]
422    }
423   }
424  }
425  //Vereinigung zweier (Teil-)Bäume
426  function unionTree(tree1, tree2) {
427   if (!tree2[0]) {
428    return
429   }
430   if (!tree1[0]) {
431    for (let i = 0; i < tree2.length; i++) {
432     tree1[i] = tree2[i]
433    }
434    return
435   }
436   if (tree1[0] == -1 && tree2[0] == -1) {
437    for (let i = tree1.length - 1; i > 0; i--) {
438     if (tree1[i] != tree2[i]) {
439      let tree1c = [...tree1]
440      tree1.length = 1
441      tree1[0] = 1
442      let head = tree1
443      for (let j = tree1c.length - 1; j > i; j--) {
444       head[0] = 1
445       let newHead = []
446       head[tree1c[j] + 1] = newHead
447       head = newHead
448      }
449      head[0] = 2
450      let ind1 = tree1c[i] + 1
451      let ind2 = tree2[i] + 1
452      tree1c.length = i
453      tree2.length = i
454      head[ind1] = tree1c
455      head[ind2] = tree2
456      return
457     }
458    }
459    return
460   }
```

```
461   if (tree1[0] == -1) {
462    let tree = [...tree1]
463    tree1.length = 1
464    tree1[0] = 1
465    tree1[tree.pop() + 1] = tree
466   }
467   if (tree2[0] == -1) {
468    let tree = [...tree2]
469    tree2.length = 1
470    tree2[0] = 1
471    tree2[tree.pop() + 1] = tree
472   }
473   for (let i = 1; i < tree2.length; i++) {
474    if (tree2[i]) {
475     if (tree1[i]) {
476      unionTree(tree1[i], tree2[i])
477     } else {
478      tree1[i] = tree2[i]
479     }
480    }
481   }
482  }
483  //Schnittmenge zweier (Teil-)Bäume
484  function interTree(tree1, tree2, ind = 0) {
485   if (tree1[0] == -1 && tree2[0] == -1) {
486    for (let i = 16 - ind; i > 0; i--) {
487     if (tree1[i] != tree2[i]) {
488      return []
489     }
490    }
491    return tree1.slice(0, 17 - ind)
492   }
493   if (tree1[0] == -1) {
494    if (tree2[tree1[16 - ind] + 1]) {
495     let out = interTree(tree1, tree2[tree1[16 - ind] + 1], ind + 1)
496     if (out[0] == -1) {
497      out.push(tree1[16 - ind])
498     }
499     return out
500    }
501    return []
502   }
503   if (tree2[0] == -1) {
504    if (tree1[tree2[16 - ind] + 1]) {
505     let out = interTree(tree2, tree1[tree2[16 - ind] + 1], ind + 1)
```

```
    if (out[0] == -1) {
      out.push(tree2[16 - ind])
    }
    return out
   }
   return []
  }
  let tree = []
  tree[0] = 0
  for (let i = 1; i < Math.min(tree1.length, tree2.length); i++) {
   if (tree1[i] && tree2[i]) {
    let child = interTree(tree1[i], tree2[i], ind + 1)
    if (child[0]) {
     tree[i] = child
     tree[0]++
    }
   }
  }
  if (tree[0] == 1 && tree[tree.length - 1][0] == -1) {
   tree[tree.length - 1].push(tree.length - 2)
   return tree[tree.length - 1]
  }
  return tree
}
//Berechne alle möglichen Positionskombinationen für alle Knoten
function brute(figuren, nodes) {
 let m = nodes.length - 1
 for (let i = 0; i <= m; i++) {
  for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
   nodes[i][j][2] = []
   nodes[i][j][3] = []
  }
 }
 nodes[0][0][2] = [-1, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
 for (let i = 1; i <= m; i++) {
  for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
   let node = nodes[i][j]
   for (let l = 0; l < node[0].length; l++) {
    if (node[0][l]) {
     unionTree(node[2], passesTree(node[0][l][0][2], node[0][l][1]))
    }
   }
   playTree(node[2], figuren[j][1])
  }
 }
```

```
551   for (let i = 0; i < nodes[m].length; i++) {
552    nodes[m][i][3] = [-1, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
553   }
554   for (let i = m; i >= 0; i--) {
555    for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
556     let node = nodes[i][j]
557     playTree(node[3], figuren[j][2])
558     for (let l = 0; l < node[0].length; l++) {
559      if (node[0][l]) {
560       unionTree(node[0][l][0][3], interTree(node[0][l][0][2], node[3]))
561      }
562     }
563    }
564   }
565  }
566  //Konvertiere Positions-String zu Positionsliste und wende Permutation an
567  function convertStr(pos, conv) {
568   pos = pos.split(",")
569   for (let i = 0; i < 16; i++) {
570    pos[i] = +pos[i]
571   }
572   return playFigur(pos, conv) + ""
573  }
574  //Lese alle möglichen Pfade aus einem Baum aus
575  function treeToList(tree, path = []) {
576   if (tree[0] == -1) {
577    for (let i = tree.length - 1; i > 0; i--) {
578     path.push(tree[i])
579    }
580    return [path]
581   }
582   let dump = []
583   for (let i = 1; i < tree.length; i++) {
584    if (tree[i]) {
585     if (tree[i] === true) {
586      dump.push([...path, i - 1])
587     } else {
588      dump.push(...treeToList(tree[i], [...path, i - 1]))
589     }
590    }
591   }
592   return dump
593  }
594  //Konvertiere den Graphen in einen DAG
595  function convertGraph(figuren, nodes) {
```

```
596   let m = nodes.length - 1
597   let n = figuren.length
598   for (let i = 0; i < nodes.length; i++) {
599    for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
600     let node = nodes[i][j]
601     node[2] = new Map()
602     node[3] = treeToList(node[3])
603     for (let l = 0; l < node[3].length; l++) {
604      node[3][l] += ""
605      node[2][node[3][l]] = []
606     }
607     node[3] = new Set(node[3])
608    }
609   }
610   let dag = []
611   for (let i = 0; i <= m; i++) {
612    for (let j = 0; j < nodes[i].length; j++) {
613     let node = nodes[i][j]
614     node[3] = [...node[3]]
615     for (let l = 0; l < node[3].length; l++) {
616      let id = node[3][l]
617      let newNode = node[2][id]
618      let edges = []
619      newNode.push(edges, i, j)
620      id = convertStr(id, figuren[j][1])
621      for (let y = 0; y < node[1].length; y++) {
622       if (node[1][y] && node[1][y][0][3].has(id)) {
623        edges.push(node[1][y][0][2][id])
624       }
625      }
626      if (i == m || edges.length) {
627       dag.push(newNode)
628      }
629     }
630    }
631   }
632   return dag
633  }
634  //Ergänze Figuren um Gewichte/Metriken für Optimierungsziele
635  function addWeights(figuren) {
636   for (let i = 0; i < figuren.length; i++) {
637    let dis = 0
638    for (let j = 0; j < 16; j++) {
639     dis += Math.abs(figuren[i][2][j] - j)
640    }
```

```
641     figuren[i].push([- 1, 1, - dis, dis])
642   }
643 }
644 //Berechne den minimalen Pfad für ein gegebenes Optimierungsziel
645 function minPath(dag, figuren, goal) {
646   for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
647     dag[i].push(1 / 0, [])
648   }
649   dag[0][3] = 0
650   dag[0][4] = []
651   for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
652     for (let j = 0; j < dag[i][0].length; j++) {
653       let node = dag[i][0][j]
654       let newSum = dag[i][3] + figuren[node[2]][3][goal]
655       if (newSum < node[3]) {
656         node[3] = newSum
657         node[4] = [...dag[i][4], [node[1], node[2]]]
658       }
659     }
660   }
661   let best = 1 / 0
662   let bestPath = []
663   for (let i = dag.length - figuren.length; i < dag.length; i++) {
664     if (dag[i][3] < best) {
665       best = dag[i][3]
666       bestPath = dag[i][4]
667     }
668   }
669   for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
670     dag[i].splice(-2, 2)
671   }
672   return [bestPath, best]
673 }
674 //Heuristische Berechnung: maximieren unterschiedlicher Figuren (Annäherung)
675 function heurMaxDistinct(n, dag) {
676   for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
677     dag[i].push(0, new Set([]), [])
678   }
679   dag[0][5] = []
680   for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
681     for (let j = 0; j < dag[i][0].length; j++) {
682       let node = dag[i][0][j]
683       let newSum = dag[i][3] + 1 - dag[i][4].has(node[2])
684       if (newSum > node[3]) {
685         node[3] = newSum
```

```
686       node[4] = new Set(dag[i][4])
687       node[4].add(node[2])
688       node[5] = [...dag[i][5], [node[1], node[2]]]
689      }
690     }
691    }
692    let best = 0
693    let bestPath = []
694    for (let i = dag.length - n; i < dag.length; i++) {
695     if (dag[i][3] > best) {
696      best = dag[i][3]
697      bestPath = dag[i][5]
698     }
699    }
700    for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
701     dag[i].length = 3
702    }
703    return [bestPath, best]
704  }
705  //Zähle die Anzahl verschiedener Pfade im DAG
706  function getCombsAmount(dag) {
707    for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
708     dag[i][3] = 0
709    }
710    dag[0][3] = 1
711    let sum = 0
712    for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
713     for (let j = 0; j < dag[i][0].length; j++) {
714      dag[i][0][j][3] += dag[i][3]
715     }
716     if (!dag[i][0].length) {
717      sum += dag[i][3]
718     }
719     dag[i].pop()
720    }
721    return sum
722  }
723  //Berechne die optimale Lösung für das erste Optimierungsziel (exakt)
724  function maxDistinct(dag, figuren) {
725    for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
726     dag[i][3] = []
727    }
728    dag[0][3] = [[]]
729    let allCombs = []
730    for (let i = 0; i < dag.length; i++) {
```

```
731     for (let j = 0; j < dag[i][0].length; j++) {
732       for (let l = 0; l < dag[i][3].length; l++) {
733         dag[i][0][j][3].push([...dag[i][3][l], dag[i][0][j][2]])
734       }
735     }
736     if (!dag[i][0].length) {
737       allCombs.push(...dag[i][3])
738     }
739     dag[i].pop()
740   }
741   let bestNum = 0
742   let bestPath = []
743   for (let i = 0; i < allCombs.length; i++) {
744     let compressed = new Set(allCombs[i])
745     if (compressed.size > bestNum) {
746       bestNum = compressed.size
747       bestPath = allCombs[i]
748     }
749   }
750   let sum = 0
751   for (let i = 0; i < bestPath.length; i++) {
752     sum += figuren[bestPath[i]][0]
753     bestPath[i] = [sum, bestPath[i]]
754   }
755   return [bestPath, bestNum]
756 }
757 //Konvertiere Positionsarray in Buchstabenfolge (A-P)
758 function posToAlph(pos) {
759   let out = ""
760   for (let i = 0; i < 16; i++) {
761     out += String.fromCharCode(pos[i] + 65)
762   }
763   return out
764 }
765 //Berechne alle Optimierungsziele und formatiere die lesbare Ausgabe
766 function main(m, figuren, names) {
767   let n = figuren.length
768   let durations = []
769   for (let i = 0; i < n; i++) {
770     durations[i] = figuren[i][0]
771   }
772   for (let i = 0; i < n; i++) {
773     figuren[i].push(convBack(figuren[i][1]))
774   }
775   let nodes = allOpt(m, figuren)
```

```
776   extendEdges(nodes)
777   for (let i = 0; i < 16; i++) {
778    filter(figuren, nodes, i)
779   }
780   brute(figuren, nodes)
781   let dag = convertGraph(figuren, nodes)
782   addWeights(figuren)
783   let allCombsNum = getCombsAmount(dag)
784   let isOptimal = allCombsNum < 10 ** 5
785   let solutions = isOptimal ? [maxDistinct(dag, figuren)] : [heurMaxDistinct(n, dag)]
786   for (let i = 0; i < 4; i++) {
787    solutions.push(minPath(dag, figuren, i))
788   }
789   let solPaths = []
790   for (let i = 0; i < 5; i++) {
791    solPaths.push(solutions[i][0])
792    if (i & 1) {
793     solutions[i][1] *= -1
794    }
795   }
796   draw(n, m, dag, solPaths, figuren)
797   return dag.length == n ? "\nKeine Lösung!" : makeReadable(solutions, figuren, names,
      isOptimal, allCombsNum)
798 }
```