

Analoges Problemlösen auf dem Prüfstand: Reproduzierbarkeit und neue Erkenntnisse

Marco Seiter*, Heiko Krabbe*

*AG Didaktik der Physik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Marco.seiter@rub.de

Kurzfassung

Die Auseinandersetzung mit Socioscientific Issues erfordert häufig, dass SchülerInnen ihr wissenschaftliches Wissen in unbekannten und unsicheren Kontexten anwenden. Problemlösen durch Analogietransfer (Analogical Problem Solving) kann dabei helfen, vorhandenes Wissen auf neue Situationen anzuwenden. Problemlösen durch Analogietransfer nutzt Analogien oder Metaphern, um ein neues Problem durch Parallelen zu einem zuvor gelösten Problem zu lösen (Gick & Holyoak, 1983; Schmid, 2006). Diese Art des Transfers konzentriert sich auf strukturelle Ähnlichkeiten zwischen Problemen und nicht auf vergleichbare Oberflächenmerkmale (Schmid, 2006). Studien (siehe Gray & Holyoak, 2021) zeigen, dass ProbandInnen, die eine Geschichte mit einer spezifischen Lösungsstrategie lesen, diese Strategie häufiger auf eine analoge Problemgeschichte anwenden. Eine erste Replikation der Ergebnisse von Gick & Holyoak (1980) im Zusammenhang mit naturwissenschaftlicher Bildung durch Seiter & Krabbe (2024) bestätigte diese Ergebnisse nicht. Um die abweichenden Ergebnisse besser analysieren zu können wurden weitere Erhebungen durchgeführt. Der Beitrag liefert neue Erkenntnisse sowie methodische Überlegungen und diskutiert Implikationen für zukünftige Forschung.

1. Einleitung

Die Auseinandersetzung mit Socioscientific Issues (SSI) wie dem Klimawandel stellt Lernende vor die Herausforderung, wissenschaftliches Wissen auf neuartige, komplexe und oft unsichere Kontexte zu übertragen. Solche Situationen lassen sich nicht durch reines Faktenwissen bewältigen, sondern erfordern eine flexible, kontextabhängige Anwendung von Vorwissen also eine Kompetenz, die im Konzept des Analogietransfers zentral verankert ist. Problemlösen durch Analogietransfer ermöglicht es Lernenden, Strukturen aus bekannten Problemsituationen (Ausgangsproblem) auf neue, noch unbekannte Szenarien (Zielproblem) zu übertragen (Vendetti et al., 2015).

Ein zentraler Bezugspunkt für das Forschungsfeld des Analogietransfers stellt die vielzitierte Studie von Gick und Holyoak (1980) dar, die mit 4307 Zitaten auf Google Scholar und 1361 auf Web of Science (Stand: 07.05.2025) nicht nur in der Psychologie, sondern auch im Bereich der Science Education rezipiert wird. Die Studie mit insgesamt fünf Experimenten wurde mit Psychologiestudierenden und in späteren Phasen mit bezahlten Versuchspersonen durchgeführt und bildet den Ausgangspunkt für zahlreiche Untersuchungen zum Analogietransfer (Gray & Holyoak, 2021). Ihre Ergebnisse wurden vielfach auf andere Fachgebiete und insbesondere auch auf das Lernen von SchülerInnen übertragen.

Ein erster Adaptionsversuch mit einem selbst entwickelten Ziel- bzw. Ausgangsproblem inkl. mehrere Lösungsstrategien (s. Tab. 1) und einer Stichprobe von 40 Erwachsenen und 37 SchülerInnen durch

Seiter & Krabbe (2024) konnte die Ergebnisse der Originalstudie jedoch nicht bestätigen. Ziel des vorliegenden Beitrags war daher eine Wiederholung der Studie von Seiter & Krabbe (2024) mit einer größeren Stichprobe an SchülerInnen sowie eine Replikation des ersten Experiments aus der Originalstudie von Gick & Holyoak (1980) ebenfalls mit SchülerInnen. Ergänzt wurde das Studiendesign durch die Einbindung von zwei weiteren Ausgangsproblemen aus der Arbeit von Holyoak & Koh (1983), da in dieser Studie das gleiche Zielproblem wie bei Gick & Holyoak (1980) verwendet wurde. Die verwendete Lösungsstrategie der Aufteilung stimmt ebenfalls überein, wobei sich aber jeweils die Transferdistanz zwischen Ausgangs- und Zielproblem unterscheidet. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die replizierten Studien.

Tab. 1: Überblick über die replizierten Studien

Studie	Zielproblem	Ausgangsproblem	Lösungsstrategien
Gick & Holyoak (1980)	Tumorbehandlung	Eroberung einer Festung	Aufteilung, offener Zugang, Tunnel
Holyoak & Koh (1983)	Tumorbehandlung	Glühbirnenreparatur	Aufteilung (zwei Transferdistanzen)
Seiter & Krabbe (2024)	Energieversorgung	Geldschmuggel	Umwandlung, neue Route, Aufteilung

Der vorliegende Beitrag zielt somit auf die Reproduzierbarkeit bisherige Ergebnisse ab, liefert aber auch

einen empirisch Beitrag zum besseren Verständnis von Problemlösen durch Analogietransfer.

2. Theoretische Grundlage

Problemlösen durch Analogietransfer bezeichnet die Verwendung von Analogien oder Metaphern, um eine neue Problemstellung in Analogie zu einem bereits gelösten Problem zu bewältigen. (Gick & Holyoak, 1983; Schmid, 2006). Im Zentrum dieses Prozesses stehen nicht die Ähnlichkeiten in den Oberflächenmerkmale, sondern die Übereinstimmungen in den zugrunde liegenden strukturellen und kausalen Beziehungen der Problemsituationen. Jede erkannte strukturelle Ähnlichkeit erlaubt es, eine Regel oder eine Schlussfolgerung über solche Zusammenhänge zu formulieren (Schmid, 2006). Durch die wiederholte Anwendung dieser Regeln oder Inferenzprozesse wird eine abstrakte Repräsentation gebildet, die als sogenannte „Makrostruktur“ beschrieben werden kann (Kintsch & Van Dijk, 1978). Diese Makrostruktur umfasst übergeordnete Lösungsschemata oder generelle Problemlösungsstrategien, die auch auf andere Situationen übertragbar sind. Der Prozess des Problemlösens durch Analogietransfer lässt sich in mehrere aufeinanderfolgende Phasen gliedern (siehe Abbildung 1). Zunächst ist es erforderlich, einen Zugriff (Access) vom Zielproblem (Target) zum Ausgangsproblem (Source) herzustellen. Ist dieser Zugriff gegeben, erfolgt eine Zuordnung (Mapping), in der strukturelle Entsprechungen zwischen Source und Target identifiziert werden. Auf dieser Basis erfolgt schließlich eine Folgerung (Inference), mit deren Hilfe sich Lösungsmöglichkeiten für das Zielproblem ableiten lassen. Dieser gesamte Prozess führt (als Lernprozess) zu einem übergeordnetem Schema, das zukünftige Problemlösungen erleichtert.

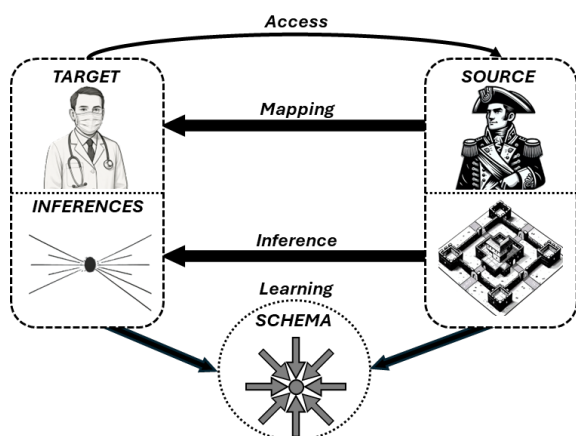


Abb. 1: Prozess des Schema-Lernens während Analogical Transfer (vgl. Gray & Holyoak, 2021)

3. Literatur Review

Studien legen nahe, dass ProbandInnen, die eine Geschichte mit einer bestimmten Lösungsstrategie lesen, diese Strategie mit höherer Wahrscheinlichkeit anwenden, wenn sie mit einem analogen Problem konfrontiert werden (Gick & Holyoak, 1980, 1983;

Holyoak, Junn & Billman, 1984; Brown, Kane & Echols, 1986; Catrambone & Holyoak, 1987, 1989; Holyoak & Koh, 1987). Die Ergebnisse legen nahe, dass die Konfrontation mit einer bestimmten Strategie im Ausgangsproblem deren Anwendung auf ein neues, analoges Problem erleichtern kann.

Für einen erfolgreichen Analogietransfer ist es entscheidend, strukturelle Verbindungen zwischen den Zielperspektiven der Geschichten herzustellen. Eine oberflächliche Ähnlichkeit reicht dafür nicht aus (Brown, Kane & Echols, 1986; Catrambone & Holyoak, 1989). Dies unterstreicht die Bedeutung tiefgehender struktureller Gemeinsamkeiten für die erfolgreiche Übertragung von Problemlösungen.

Die Nähe der Analogie, in diesem Fall definiert als die Anzahl der analog formulierten Satzbausteine, zwischen Ausgangs- und Zielproblem beeinflusst die Effektivität des Analogietransfers maßgeblich. Je näher sich Ausgangs- und Zielproblem sind, desto stärker fällt der Transfereffekt aus (Gick & Holyoak, 1980; Holyoak & Koh, 1987). Dies verdeutlicht, wie wichtig die Auswahl von Analogien mit tiefgreifenden strukturellen Übereinstimmungen ist.

4. Forschungsfrage und Hypothesen

Die Forschungsfrage in diesem Beitrag lautet:

FF: Inwiefern beeinflusst eine vorgegebenen Problemsituation inkl. Lösung mit einer bestimmten Strategie das Lösungsverhalten von ProbandInnen in einer analogen Problemsituation?

Aus dem bisherigem Stand der Forschung lassen sich drei Hypothesen ableiten:

ProbandInnen, die mit einer Problemsituation konfrontiert werden, welche eine spezifische Lösungsstrategie beinhaltet, werden mit höherer Wahrscheinlichkeit ...

- im Vergleich zu alternativen Lösungsstrategien (H1),
- im Vergleich zu ProbandInnen aus Experimentalgruppen mit anderen Lösungsstrategien und den Kontrollgruppen (H2),
- im Vergleich zu ProbandInnen anderer Experimentalgruppe mit gleicher Lösungsstrategie aber höhere Transferdistanz (H3),

... eine Lösung auf Basis dieser Strategie vorschlagen, wenn sie mit einem analogen Problem konfrontiert werden.

5. Methodik

5.1. Design

Die Datenerhebung erfolgte im Gegensatz zur Studie von Gick & Holyoak (1980) nicht mittels Interviews mit lautem Denken, sondern in Form von schriftlichen Testheften.

Die ProbandInnen wurden randomisiert auf die Experimental- und Kontrollgruppen verteilt. Die Experimentalgruppen unterschieden sich in den

verschiedenen Ausgangs- und Zielproblemen sowie in den vorgegeben Lösungsstrategie (siehe Tabelle 1). In den Experimentalgruppen sollte zunächst das Ausgangsproblem inklusive der Lösungsstrategie gelesen und schriftlich zusammengefasst werden. Anschließend wurde das Zielproblem gestellt und die ProbandInnen dazu aufgefordert, schriftlich möglichst viele Lösungen zu generieren. Es wurde dabei explizit der Hinweis gegeben, das Ausgangsproblem mit der vorgegeben Lösungsstrategie als Hilfsmittel zu verwenden. In den Kontrollgruppen sollte direkt das Zielproblem gelöst werden.

Zum Abschluss wurden die ProbandInnen noch gefragt, ob Ihnen das Zielproblem bereits bekannt war (ja, teilweise & nein) und zusätzlich in den Experimentalgruppen auf einer dreistufigen Likert-Skala wie hilfreich (sehr hilfreich, etwas hilfreich, nicht hilfreich) sie das Ausgangsproblem zur Lösung des Zielproblem fand.

5.2. Ausgangs- und Zielprobleme

5.2.1. Gick & Holyoak (1980) sowie Holyoak & Koh (1987)

Zur Reproduktion des Forschungsstands wurden in dieser Studie im ersten Teil die gleichen Ausgangs- und Zielprobleme wie in dem ersten Experiment von Gick & Holyoak (1980) und der Studie von Holyoak & Koh (1987) verwendet. Die Probleme wurden übersetzt und so formuliert, dass Ausgangs- und Zielprobleme den gleichen Textumfang mit möglichst analogen Formulierungen aufwiesen.

Das Zielproblem der Tumorbehandlung, das sowohl in der Studie von Gick & Holyoak (1980) als auch in der von Holyoak & Koh (1987) identisch verwendet wurde, lautete:

„Ein Tumor befindet sich im Inneren des Körpers eines Patienten. Ein Arzt will den Tumor mit Hilfe von Strahlen zerstören. Der Arzt will verhindern, dass die Strahlen gesundes Gewebe zerstören. Daher kann ein hochintensiver Strahl nicht auf einem Weg auf den Tumor gerichtet werden. Um den Tumor zu zerstören, ist jedoch eine hohe Intensität der Strahlung erforderlich. Die Anwendung eines einzigen Strahls mit geringer Intensität wäre also nicht erfolgreich.“

Zur Vorbereitung auf dieses Zielproblem wurden unterschiedliche Ausgangsprobleme mit spezifischen Lösungsstrategien präsentiert.

Gick & Holyoak (1980) verwendeten das sogenannte Eroberungsproblem als Ausgangssituation:

„In der Mitte eines Landes befand sich eine Festung. Von der Festung gingen viele Straßen ab. Ein General wollte die Festung mit seiner Armee einnehmen. Der General wollte verhindern, dass auf den Straßen platzierte Minen seiner Armee schaden und die benachbarten Dörfer zerstören. Daher konnte die gesamte Armee die Festung nicht über eine einzige Straße angreifen. Um die Festung einzunehmen, wurde jedoch die gesamte Armee benötigt. Ein

Angriff einer kleinen Gruppe wäre also nicht erfolgreich gewesen.“

In drei Experimentalgruppen wurden dabei jeweils unterschiedliche Lösungsstrategien vorgegeben:

1. Aufteilung des Angriffs auf mehrere Straßen
2. Auskundschaften einer neuen, offenen Versorgungsrouten
3. Bau eines Tunnels zur Umgehung der Straßen

Holyoak & Koh (1987) entwickelten ein alternatives Ausgangsproblem, das thematisch näher an das Zielproblem angelehnt war, die Reparatur einer Glühbirne. Dieses wurde in zwei Varianten (Laserstrahl/Ultraschallquelle), wobei die Laser-Variante eine geringere Transferdistanz als die Ultraschallvariante erfordern soll. In Klammern ist jeweils die alternative Formulierung zur Ultraschallquelle angegeben:

„In einem Physiklabor befand sich eine teure Glühbirne für Experimente. Der Glühdraht innerhalb der Glühbirne war allerdings gebrochen (zusammengeschmolzen). Eine Forscherin wollte den Glühdraht mit Hilfe von Laserstrahlen (einer Ultraschallquelle) wieder zusammenschmelzen (trennen). Die Forscherin wollte verhindern, dass der Laserstrahl (Ultraschall) das zerbrechliche Glas der Glühbirne beschädigt. Daher kann ein hochintensiver Laserstrahl (eine hochintensive Ultraschallquelle) nicht auf einem Weg auf den Glühdraht gerichtet werden. Um den Glühdraht zusammenzuschmelzen (zu trennen), ist jedoch eine hohe Intensität des Lasers (der Ultraschallquelle) erforderlich. Die Anwendung eines einzigen Laserstrahls (einer einzigen Ultraschallquelle) mit geringer Intensität wäre also nicht erfolgreich.“

Auch hier bestand die vorgesehene Lösungsstrategie in der Aufteilung der Strahlung auf mehrere Quellen mit geringerer Intensität.

5.2.2. Seiter & Krabbe (2024)

Im Rahmen eines ersten Adaptionversuchs entwickelten Seiter & Krabbe (2024) ein neues, gesellschaftlich relevantes Zielproblem mit Bezug zur aktuellen Energiethematik:

„Aufgrund der Wende zu erneuerbaren Energien wird immer mehr Strom an der Nordsee mit Hilfe von Windkraftanlagen produziert, der anschließend in den Süden Deutschlands transportiert werden muss, da dort bisher nicht genügend erneuerbarer Strom erzeugt wird. Die Leitungen des Stromnetzes sind allerdings nicht für diese hohe Belastung ausgelegt. Durch zu hohe Belastungen könnte es zu Beschädigung und Stromausfällen kommen. Somit kann der Strom nicht über die momentanen Stromleitungen transportiert werden.“

Dieses Zielproblem wurde mit einem selbst entwickelten Ausgangsproblem kombiniert, dem sogenannten Schmugglerproblem:

„Eine Gruppe von Verbrechern wollte eine große Menge an Bargeld aus den Verkäufen von Drogen

über die Grenze ins Nachbarland schmuggeln, da sie es dort leichter ‚waschen‘ können. Die Polizei gründete allerdings eine Sonderkommission und setzte Spürhunde an den Grenzen ein. Das Auffliegen des Geldschmuggels würde große Verluste und schwere Konsequenzen für die Verbrecher bedeuten. Somit kann das Bargeld nicht über die bisher etablierten Schmuggelrouten transportiert werden.“

Zur Untersuchung der Übertragbarkeit unterschiedlicher Problemlösestrategien wurden auch in dieser Studie drei verschiedene Lösungsansätze vorgegeben, die den ProbandInnen in drei Experimentalgruppen präsentiert wurden:

1. Umwandlung des Geldes in Schmuck und anschließender Transport über die Grenze
2. Auskundschaften einer neuen, alternativen Schmuggelroute
3. Aufteilung des Geldes auf mehrere Fahrzeuge, die unabhängig voneinander die Grenze passieren

5.3. Stichprobe

Die Stichproben der vorliegenden Studie wurden basierend auf den beiden unterschiedlichen Zielproblemen (Tumorbehandlung und Energieversorgungsproblem) getrennt ausgewertet.

Für das Zielproblem der Tumorbehandlung umfasste die Stichprobe insgesamt $n = 282$ SchülerInnen. Die Verteilung nach Geschlecht war: männlich = 145, weiblich = 125, divers = 10, keine Angabe = 2. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden betrug 14,4 Jahre.

Für das Zielproblem des Energieversorgungsproblems lag die Stichprobengröße bei $n = 190$. Die Geschlechterverteilung war: männlich = 98, weiblich = 85, divers = 5, keine Angabe = 2. Auch hier betrug das durchschnittliche Alter 14,4 Jahre. Alle Teilnehmenden besuchten ein Gymnasium, wobei sich die Erhebung über die Jahrgangsstufen von der 7. Klasse bis zur Oberstufe erstreckte.

6. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach den beiden Zielproblemen vorgestellt.

6.1. Tumorbehandlung

Die Lösungen der ProbandInnen zum Zielproblem der Tumorbehandlung lassen sich anhand einer typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) in vier verschiedenen Strategien unterscheiden. Dabei wurden nur die Lösungen ausgewertet, die zu einer Genesung des Patienten beigetragen haben.

1. Aufteilung der Strahlung auf verschiedene Quellen mit geringerer Intensität (entspricht der analogen Strategie der Aufteilung)
2. Offener Zugang zum Umgehen des gesunden Gewebes, z.B. Minimalinvasive OP oder

Spektroskopie (entspricht dem Auskundschaften einer offenen Versorgungsrouten)

3. Operation zum Entfernen des Tumors (entspricht der Strategie des Tunnels)
4. Alternative Behandlung, z.B. Chemo-Therapie (keine analoge Strategie zu den Ausgangsproblemen)

Auf Grundlage der vier Kategorien wurden die ProbandInnen anhand der von Ihnen verwendeten Lösungsstrategien kodiert. Dabei war es möglich das in/eine Proband/Probandin mehrfach kodiert wurde, falls mehrere Strategien verwendet wurden. Die ProbandInnen wurden zur Bestimmung der Interkodierbarkeit von einer weiteren Person zweikodiert. Dem Zweitkodierer wurde dafür ein Kodiermanual mit Ankerbeispielen zur Verfügung gestellt. Der Wert für Cohens' $\kappa = .83$ berechnet nach Brennan und Prediger (1981) liegt im sehr guten Bereich (Döring, 2023).

In Tabelle 2 ist in einer Kreuztabelle der prozentuale Anteil der ProbandInnen bezogen auf die Grundgesamtheit der entsprechenden Experimental- bzw. Kontrollgruppe dargestellt, die jeweils die oben genannten Strategien zur Lösung des Tumorproblems verwendet haben.

Tab. 2: Prozentualer Anteil der ProbandInnen in den Experimental- bzw. Kontrollgruppen, die eine entsprechende Lösungsstrategie zur Tumorbehandlung vorgeschlagen haben

Strategie Gruppe	Aufteilung	Offener Zugang	Operation	Alternative Behandlung
Glühbirne Laser (Aufteilung)	88 %	31 %	25 %	29 %
Glühbirne Ultraschall (Aufteilung)	73 %	24 %	29 %	24 %
Eroberung (Aufteilung)	52 %	33 %	37 %	22 %
Eroberung (Offene Versorgungsrouten)	49 %	42 %	40 %	29 %
Eroberung (Tunnel)	47 %	58 %	38 %	24 %
Kontroll	51 %	43 %	33 %	37 %

In der roten Umrandung sind alle Experimentalgruppen mit der gleichen Lösungsstrategie in den Ausgangsproblemen zusammengefasst. Dabei verläuft die Transferdistanz zum Zielproblem von oben nach unten abnehmend. In der blauen Umrandung sind alle

Experimentalgruppen mit dem gleichen Ausgangsproblem (Eroberung) aber verschiedenen Lösungsstrategien zusammengefasst. In „fett“ sind jeweils die Zellen markiert, in denen nach den Hypothesen die höchsten prozentualen Anteile erwartet wurden. Im Falle der Aufteilungsstrategie erwartet man von oben nach unten durch die steigende Transferdistanz abnehmende Anteile, was sich auch zeigt. Bei den anderen Strategien erwartet man jeweils in dem „fett“ dargestellten Feld den höchsten Anteil bezogen auf die Zeile (H1) und Spalte (H2). Dies zeigt sich in der Tabelle nicht.

Ein zweiseitiger Pearson-Chi-Quadrat-Test zwischen der Gruppenzugehörigkeit und den verwendeten Strategien liefert keinen statistischen Zusammenhang $\chi^2(15) = 22.10, p = .105$, Cramer's $V = .13$.

In einer zweiten Auswertung wurde jeweils für die ProbandInnen ausschließlich die zuerst genannte Strategie kodiert, so dass pro ProbandIn nur eine Strategie möglich war (vorausgesetzt, das Zielproblem wurde gelöst). Tabelle 3 zeigt eine Kreuztabelle, in der dargestellt ist, wie viele ProbandInnen aus den Experimental- und Kontrollgruppen jeweils eine der genannten Strategien als erste Lösung angegeben haben. Die Darstellung erfolgt analog zu Tabelle 2.

Tab. 3: Prozentualer Anteil der ProbandInnen in den Experimental- bzw. Kontrollgruppen, die eine entsprechende Lösungsstrategie zur Tumorbehandlung als erstes vorgeschlagen haben

Strategie \ Gruppe	Aufteilung	Offener Zugang	Operation	Alternative Behandlung
Glühbirne Laser (Aufteilung)	82 %	4 %	4 %	4 %
Glühbirne Ultraschall (Aufteilung)	69 %	4 %	11 %	2 %
Eroberung (Aufteilung)	43 %	20 %	15 %	2 %
Eroberung (Offene Versorgungsrouten)	36 %	22 %	18 %	9 %
Eroberung (Tunnel)	33 %	38 %	22 %	0 %
Kontroll	45 %	24 %	8 %	12 %

Ein zweiseitiger Pearson-Chi-Quadrat-Test zwischen der Gruppenzugehörigkeit und den verwendeten Strategien liefert hier einen höchst signifikanten Zusammenhang $\chi^2(15) = 54.15, p < .001$ bei einer kleinen Effektstärke Cramer's $V = .27$ (Cohens, 1988).

Als dritte mögliche Auswertung wurden nur diejenige ProbandInnen berücksichtigt, für die das Zielproblem der Tumorbehandlung unbenannt war. Entsprechend reduziert sich in diesem Fall die Stichprobe der ProbandInnen auf $n = 195$. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 nach dem gleichem Schema wie schon in Tabelle 2 dargestellt. Ein zweiseitiger Pearson-Chi-Quadrat-Test liefert in diesem Fall einen signifikanten Zusammenhang $\chi^2(15) = 25.42, p < .05$ bei einer kleinen Effektstärke Cramer's $V = .16$ (Cohens, 1988).

Tab. 4: Prozentualer Anteil der ProbandInnen in den Experimental- bzw. Kontrollgruppen, die eine entsprechende Lösungsstrategie zur Tumorbehandlung vorgeschlagen haben, wobei das Tumorproblem unbekannt war

Strategie \ Gruppe	Aufteilung	Offener Zugang	Operation	Alternative Behandlung
Glühbirne Laser (Aufteilung)	92 %	31 %	25 %	33 %
Glühbirne Ultraschall (Aufteilung)	76 %	26 %	26 %	24 %
Eroberung (Aufteilung)	57 %	36 %	43 %	25 %
Eroberung (Offene Versorgungsrouten)	50 %	50 %	36 %	18 %
Eroberung (Tunnel)	47 %	63 %	34 %	16 %
Kontroll	46 %	41 %	32 %	46 %

Bei einer letzten Auswertung mit der Kombination aus erstgenannter Strategie und Unbekanntheit des Zielproblems liefert ein zweiseitiger Pearson-Chi-Quadrat-Test einen höchst signifikanten Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit und der verwendeten Strategie $\chi^2(15) = 46.72, p < .001$ bei einer mittleren Effektstärke Cramer's $V = .30$ (Cohens, 1988). Die größten Häufigkeiten der dazugehörigen Kreuztabelle sind vergleichbar mit der Verteilung in Tabelle 3.

6.2. Energieversorgungsproblem

Die Auswertung der Daten zum Energieversorgungsproblem verlief analog zur der des Tumorproblems (siehe 6.1). Auch hier konnten in einer typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) vier verschiedenen Strategien zur Lösung des Energieversorgungsproblems identifiziert werden:

1. Umwandlung der elektrischen Energie in eine andere Energieform, welche dann transportiert und

später wieder zurück umgewandelt wird (entspricht der Umwandlung des Geldes).

2. Neue Leitungen verlegen, wobei die Energiemenge unverändert bleibt (entspricht der neuen Schmuggelroute).
3. Aufteilung der elektrischen Energie bzw. Zwischenspeicherung, ohne Veränderung an den Leitungen (entspricht der Aufteilungsstrategie).
4. Optimierung der vorhandenen Leitungen (entspricht keiner der vorgegeben Strategien)

Auch hier wurden nur die Lösungen ausgewertet, welche das eigentliche Transportproblem der Energie gelöst haben. Lösungen, die das Transportproblem umgangen (z.B. Stromsparmaßnahmen) oder gar nicht gelöst haben, wurden nicht ausgewertet. Die Strategien decken sich denen aus der Studie von Seiter & Krabbe (2024).

Für die Kodierung der ProbandInnen wurde die Inter-coderelabilität mittels Zweitkodierer überprüft. Der Wert für Cohens' $\kappa = .79$ berechnet nach Brennan und Prediger (1981) liegt auch hier im sehr guten Bereich (Döring, 2023).

In Tabelle 5 sind die prozentualen Anteile der ProbandInnen bezogen auf die Grundgesamtheit der entsprechenden Experimental- bzw. Kontrollgruppe dargestellt, die jeweils die oben genannten Strategien zur Lösung des Energieversorgungsproblems verwendet haben. In „fett“ sind erneut die Zellen markiert, in denen nach den Hypothesen die höchsten prozentualen Anteile erwartet wurden.

Tab. 5: Prozentualer Anteil der ProbandInnen in den Experimental- bzw. Kontrollgruppen, die eine entsprechende Lösungsstrategie zur Energieversorgungsproblem vorgeschlagen haben

Strategie Gruppe	Umwandlung	Neue Leitung	Aufteilung	Optimierung
Umwandlung	35 %	70 %	30 %	39 %
Neue Route	19 %	54 %	31 %	44 %
Aufteilung	25 %	52 %	65 %	50 %
Kontroll	25 %	56 %	23 %	50 %

Ein zweiseitiger Pearson-Chi-Quadrat-Test zwischen der Gruppenzugehörigkeit und den verwendeten Strategien liefert keinen statistischen Zusammenhang $\chi^2(9) = 13.68, p = .134$ bei einer kleinen Effektstärke Cramer's $V = .12$ (Cohens, 1988).

Alle weiteren Auswertungsmöglichkeiten wie die Betrachtung der erstgenannten Strategie oder die Einschränkung der Stichprobe auf die ProbandInnen,

denen das Energieversorgungsproblem unbekannt war, werden in keinem Fall signifikant.

7. Diskussion

Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, inwiefern eine vorgegebene Problemsituation mit einer spezifischen Lösungsstrategie das Lösungsverhalten von ProbandInnen in einer analogen Problemsituation beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, dass die zentralen Befunde von Gick & Holyoak (1980) sowie Holyoak & Koh (1987) nicht vollständig reproduziert werden konnten. Ein signifikanter Transfereffekt lässt sich nur in Bezug auf die Aufteilungsstrategie feststellen und auch nur dann, wenn nur die erstgenannte Strategie der ProbandInnen betrachtet werden oder die Stichprobe auf die ProbandInnen eingeschränkt wird, für die das Tumorproblem unbekannt war. In Bezug auf alle anderen Strategien zeigt sich sowohl in der Replikation mit den Originalanalogien als auch mit den selbst erstellten Analogien kein Transfereffekt. Die Hypothesen H1 und H2 müssen daher mit Ausnahme der Aufteilungsstrategie in der oben genannten Einschränkung verworfen werden. Besonders relevant ist im Falle der Aufteilungsstrategie der beobachtete Einfluss der Transferdistanz. In Übereinstimmung mit den Befunden von Holyoak & Koh (1987) zeigt sich, dass eine geringere Distanz zwischen Ausgangs- und Zielproblem die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Analogietransfers erhöht. Dies stützt Hypothese H3 und verdeutlicht die Bedeutung struktureller Nähe im Analogietransfer.

Die Ergebnissen scheinen daher in Bezug auf die Studien von Gick & Holyoak (1980) und Holyoak & Koh (1987) nicht unabhängig von den Probandengruppen zu sein (z.B. Alter, Hintergrund oder Vorwissen). Dies zeigt sich in dieser Studie beispielweise, wenn nur die ProbandInnen ausgewertet werden, denen das Zielproblem unbekannt war. Der potenzielle Einfluss von Personenmerkmalen spricht für die Verwendung einer modernen Transfertheorie wie dem Actor-Oriented Model of Transfer (Lobato, 2003), welches eine Interaktion zwischen Personen- und Aufgabenmerkmalen beim Transfer berücksichtigt.

In Bezug auf das Modell von Gray & Holyoak (2021) lassen sich die Ergebnisse dieser Studie weiter einordnen. Die ProbandInnen wurden in dieser Studie explizit darauf hingewiesen, die Ausgangsgeschichte als Hilfestellen zur Lösung des Zielproblems zu verwenden. Der Transfer ist allerdings selbst bei expliziter Aufforderung nicht immer gegeben. Eine Aufforderung sorgt womöglich nicht automatisch für den notwendigen Access. Der Einfluss von Transferdistanzen konnten zwar bei erfolgreichem Transfer repliziert werden. Es bleibt aber unklar, ob sich dieser Einfluss auf den Prozess Access, Mapping oder Inference bezieht. Insgesamt bleibt es unklar, welchen Einfluss die Verwendung von verschiedenen Ziel- und Ausgangsprobleme und Strategien auf Access, Mapping und Inference haben.

8. Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie liefern einen kritischen Blick auf den Analogietransfer. Die Ergebnisse aus den Studien von Gick & Holyoak (1980) und Holyoak & Koh (1987) können nicht unbedingt auf andere Personengruppen und andere Ziel- und Ausgangsproblem übertragen werden. Der Analogietransfer scheint also nicht allein durch die Problemsituationen bestimmt zu werden, sondern auch durch Personenmerkmale. Damit ließe sich auch erklären, dass sich der Analogietransfer für gleiche Problemsituationen über die Zeit verändert hat. Einzig der Einfluss der Transferdistanz konnte nachgewiesen werden. Das Modell von Gray & Holyoak (2021) ist zudem noch nicht ausreichend empirisch erforscht, um Aussagen über den Einfluss auf die verschiedenen Tätigkeiten Access, Mapping und Inference machen können. Diese Beforschung der Tätigkeiten ist daher zunächst notwendig, bevor Aussagen über Analogietransfer in Bezug auf SSI gemacht werden können.

9. Literatur

- Brennan, R.L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient κ : Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687–699.
- Brown, A. L., Kane, M. J. & Echols, C. H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure. *Cognitive Development*, 1(2), 103–121.
- Catrambone, R. & Holyoak, K. J. (1987). Transfer in problem solving as a function of the procedural variety of training examples. In *Proceedings of the 9th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Catrambone, R. & Holyoak, K. J. (1989). Overcoming contextual limitations on problemsolving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1147–1156.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306–365.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1–38.
- Gray, M. E. & Holyoak, K. J. (2021). Teaching by analogy: From theory to practice. *Mind, Brain, and Education*, 15, 250–263.
- Holyoak, K. J., Junn, E. N. & Billman, D. O. (1984). Development of analogical problemsolving skills. *Child Development*, 55, 2042–2055.
- Holyoak, K. J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 323–340.
- Kintsch, W. & Van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363–394.
- Kubricht, J. R., Lu, H. & Holyoak, K. J. (2015). Animation Facilitates Source Understanding and Spontaneous Analogical Transfer. In R. Dale, C. Jennings, P. Maglio, T. Matlock, D. Noelle, A. Warfaumont & J. Yoshimi (Eds.), *Proceedings of the 37th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Kubricht, J. R., Lu, H., & Holyoak, K. J. (2017). Intuitive physics: Current research and controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 21, 749–759.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Lobato, J. E. (2003). How design experiments can in form a rethinking of transfer and vice versa. *Educational Researcher*, 32(1), 17–20.
- Schmid, C. (2006). *Lernen und Transfer: Kritik der didaktischen Steuerung*. Bern: hep-Verlag.
- Seiter, M. & Krabbe, H. (2024). Transfer bei analogen Problemsituationen: Eine Replikationsstudie. *PhyDid B – Didaktik Der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2024*.
- Vendetti, M. S., Matlen, B. J., Richland, L. E., & Bunge, S. A. (2015). Analogical reasoning in the classroom: Insights from cognitive science. *Mind, Brain, and Education*, 9(2), 100–10