

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Fakultät für Philosophie, Wissenschaftstheorie und Religionswissenschaft  
Munich Center for Mathematical Philosophie  
Lehrstuhl für Logik und Sprachphilosophie

**Wintersemester 2025/26**

## **Tutorium zu Logik I**

**Basierend auf der Vorlesung von  
Prof. Dr. Dr. Hannes Leitgeb, LMU München**

Luis F. Bartolo Alegre  
[l.bartolo@campus.lmu.de](mailto:l.bartolo@campus.lmu.de)

8. Dezember 2025

<https://github.com/luisbartolo/Logik1-WiSe-25-26.git>

[Einige Lösungen können Fehler enthalten.]

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Fakultät für Philosophie, Wissenschaftstheorie und Religionswissenschaft  
Munich Center for Mathematical Philosophie  
Lehrstuhl für Logik und Sprachphilosophie

### **Hinweis**

Dieses Dokument enthält meine Lösungen zu den Übungen aus dem Skript von Prof. Dr. Dr. Hannes Leitgeb sowie einige zusätzliche Übungen. Die Originalübungen gehören selbstverständlich den jeweiligen Autor:innen und werden hier nur zu Lernzwecken genutzt.

### **Für wen und wofür**

Dieses Material ist nur für die Studierenden gedacht, mit denen es geteilt wurde, und nur zum Lernen und Üben. Verbreitet es nicht weiter – weder online noch offline – ohne Erlaubnis.

### **Colophon**

Dieses Dokument wurde gesetzt mit Hilfe von **KOMA-Script** und **LATEX** unter Verwendung der **kaobook**-Klasse.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>0 Einführung in das Tutorium</b>	<b>1</b>
0.1 Warum Logik lernen? . . . . .	1
0.2 Warum ein Spiel lernen? . . . . .	2
0.3 Bedeutung der Übungen . . . . .	4
0.4 Die Kunst des Fragens . . . . .	4
0.5 Sitzungsübersicht . . . . .	7
0.6 Sprechstunden . . . . .	8
0.7 Materialien . . . . .	8
<b>1 Vorbemerkungen</b>	<b>9</b>
1.1 Vorbereitung . . . . .	9
1.1.1 Anhang . . . . .	13
1.1.2 Lösungen . . . . .	14
1.2 Übungen . . . . .	17
1.2.1 Lösungen . . . . .	20
1.3 Zusatzübungen . . . . .	29
1.3.1 Lösungen . . . . .	30
<b>2-3 Aussagenlogische Analyse und Repräsentierung</b>	<b>31</b>
2-3.1 Vorbereitung . . . . .	31
2-3.2 Übungen . . . . .	34
2-3.2.1 Übungen zu Kapitel 2 . . . . .	34
2-3.2.2 Übungen zu Kapitel 3 . . . . .	35
2-3.2.3 Lösungen . . . . .	36
<b>4 Die aussagenlogische Sprache</b>	<b>51</b>
4.1 Übungen . . . . .	51
4.2 Lösungen . . . . .	53
<b>5 Die aussagenlogische Semantik</b>	<b>57</b>
5.1 Vorbereitung . . . . .	57
5.1.1 Erstellung einer Wahrheitstafel . . . . .	57
5.1.2 Gültigkeit von Argumenten mit Wahrheitstabellen . . . . .	59
5.1.3 Vorgehensweise für einen informellen Beweis . . . . .	61
5.1.4 Lösungen . . . . .	64
5.2 Übungen . . . . .	70
5.2.1 Lösungen . . . . .	73
5.3 Zusatzübungen . . . . .	86
5.3.1 Lösungen . . . . .	87
<b>6 Aussagenlogisches Herleiten</b>	<b>89</b>
6.1 Vorbereitung . . . . .	89
6.2 Übungen . . . . .	90
6.2.1 Lösungen . . . . .	91

6.3	Zusatzübungen . . . . .	98
6.3.1	Lösungen . . . . .	99
<b>8</b>	<b>Prädikatenlogische Analyse und Repräsentierung</b>	<b>105</b>
8.1	Vorbereitung . . . . .	105
8.1.1	Wiederholung von Sätzen aus den Kapiteln 1-3 . . . . .	105
8.1.2	Das logische Quadrat . . . . .	108
8.1.3	Lösungen . . . . .	110
8.2	Übungen . . . . .	119
8.2.1	Lösungen . . . . .	121
<b>9</b>	<b>Die prädikatenlogische Sprache</b>	<b>127</b>
9.1	Übungen . . . . .	127
9.1.1	Lösungen . . . . .	129
<b>10</b>	<b>Die prädikatenlogische Semantik</b>	<b>139</b>
10.1	Vorbereitung . . . . .	139
10.1.1	Sonderfall 1 . . . . .	139
10.1.2	Variablenbelegungen . . . . .	142
10.1.3	Varianten von Belegungen . . . . .	142
10.1.4	Beweise für Wahrheit und Falschheit unter $\Im$ . . . . .	144
10.1.5	Vereinfachte Semantik der Prädikatenlogik . . . . .	145
10.1.6	Beweise für logische Wahrheit und logische Falschheit . . . . .	150
10.2	Übungen . . . . .	152
10.2.1	Lösungen . . . . .	156
<b>11</b>	<b>Prädikatenlogisches Herleiten</b>	<b>195</b>
11.1	Vorbereitung . . . . .	195
11.2	Übungen . . . . .	196
11.2.1	Lösungen . . . . .	198
11.3	Zusatzübungen . . . . .	217
<b>13</b>	<b>Erweiterungen der Prädikatenlogik</b>	<b>219</b>
13.1	Vorbereitung . . . . .	219
13.1.1	Äquivalenz- und Totalordnungsrelationen . . . . .	219
13.1.2	Präferenz und Indifferenz . . . . .	220
13.1.3	Äquivalenz von Inferenzregelpaare . . . . .	222
13.1.4	Andere Eigenschaften von Relationen . . . . .	225
13.2	Zusatzübungen . . . . .	226
13.2.1	Lösungen . . . . .	227
<b>14</b>	<b>Klausurvorbereitung</b>	<b>233</b>
14.1	Hinweise für eine 90-minütige Klausur . . . . .	233
14.1.1	Effektiver Start . . . . .	233
14.1.2	Zeiteinteilung . . . . .	233
14.2	Die Probeklausur . . . . .	234
14.2.1	Lösungen . . . . .	237
14.3	Zusatzübungen . . . . .	254

# 0

## Einführung in das Tutorium

Hello zusammen!

Ich bin Luis und ich werde euch dieses Semester im Tutorium für **Logik I** begleiten. Ein bisschen was zu mir: Ich bin Doktorand im Bereich der Philosophie der Logik. Mein Doktorvater ist der Professor dieses Kurses, Hannes Leitgeb.

Ihr werdet es schnell merken: Deutsch ist nicht meine Muttersprache. Sie ist Spanisch. Ich komme ursprünglich aus Peru. Das bringt natürlich die ein oder andere lustige Situation mit sich, aber ich hoffe, das wird uns nicht zu sehr aus der Bahn werfen.

Wenn ihr mich mal nicht versteht, sagt einfach direkt Bescheid. Ihr könnt es ganz entspannt angehen:

Hey Luis, ich habe dich nicht verstanden.

Oder:

Hey Luis, kannst du das bitte nochmal wiederholen?

Das werde ich nicht übel nehmen. Im Gegenteil, das wird uns allen weiterhelfen.

Also keine Scheu! Es geht hier darum, dass wir alle die Logik so gut wie möglich lernen – und das funktioniert nur, wenn wir uns alle gut verstehen.

### 0.1 Warum Logik lernen?

Jetzt, wo ihr ein wenig mehr über mich wisst, lasst uns über eine spannende Frage sprechen:

Warum sollten wir überhaupt Logik lernen?

Ich verspreche, es kann euer Leben retten!

Als ich jung war, war ich extrem skeptisch. Vielleicht kennt ihr das: Wie viele Philosophiestudenten habe ich oft an allem gezweifelt. Wissenschaft oder Religion? Für mich schienen beide nicht genug zu sein, um mir die Sicherheit zu geben, die ich suchte. Ich fühlte mich oft wie ein Philosoph in einer Sinnkrise.

Ich konnte keinen Sinn im Leben finden. Ich wusste nicht einmal, was die Ausdruck ‚Sinn des Lebens‘ bedeutet! Das ist selbst für einen Philosophen traurig. Als ich jedoch begann, Logik zu lernen, ist etwas Faszinierendes passiert.

0.1 Warum Logik lernen? . . . . .	1
0.2 Warum ein Spiel lernen? . . . . .	2
0.3 Bedeutung der Übungen . . . . .	4
0.4 Die Kunst des Fragens . . . . .	4
0.5 Sitzungsübersicht . . . . .	7
0.6 Sprechstunden . . . . .	8
0.7 Materialien . . . . .	8

Jedes Mal, wenn ich die Regeln der Logik befolgte, kam ich immer zum gleichen Ergebnis. Das ist eine verlässliche Erkenntnis! Wenn man die Regeln, die ihr hier lernen werdet, manipuliert, kommt man immer wieder zu den gleichen Ergebnissen zurück.

Dieses Wissen verschaffte mir etwas Gewissheit im Leben, die mir half, meinem Leben wieder Sinn zu geben. Daher hat Logik sozusagen mein Leben gerettet!

Natürlich gibt es philosophischen Debatten darüber, ob die klassische Logik korrekt ist, und ich beschäftige mich in meiner Forschung auch damit. Doch was wir über die klassische Logik wissen, ist ein faszinierendes und dennoch verlässliches Wissen. Im Laufe des Kurses werdet ihr mit diesem Wissen in Kontakt kommen.

Logik zu lernen ist ein bisschen wie die Regeln eines Spiels zu lernen – sagen wir Schach. Wenn ihr jemals Schach gespielt habt, wisst ihr, dass es einige Regeln gibt, die ihr kennen müsst, um das Spiel wirklich zu verstehen und spielen.

Im Schach haben wir Figuren wie den König, die Dame, den Turm und so weiter. Jede dieser Figuren hat ihre eigenen Bewegungsregeln. Genauso ist es auch in der Logik!

Die *Figuren* der Logik sind Begriffe wie Aussage, Negation, Gültigkeit, Implikation, Quantor, usw. Jede dieser logischen Begriffe hat eigene Gebrauchsregeln, die ihr im Laufe des Kurses kennenlernen werdet. Der Schlüssel liegt darin, zu lernen, wie man diese Regeln richtig (und auch falsch) anwendet.

## 0.2 Warum ein Spiel lernen?

Jetzt fragt ihr euch vielleicht:

Warum müssen wir die Regeln eines Spiels lernen?  
Das sieht nicht besonders philosophisch aus! Lass uns einfach direkt in die tiefen Gewässer der Philosophie der Logik eintauchen!

Es gibt jedoch zwei Gründe, warum es wichtig ist, die *Spielregeln* der Logik zu lernen, bevor wir über Logik philosophieren.

Erstens: Wenn wir die Regeln des Schachspiels nicht kennen, können wir nicht sinnvoll über Schach sprechen. Das Gleiche gilt für die Logik.

Natürlich könnte man einwenden:

Man braucht kein Schachmeister zu sein, um die grundlegenden Schachregeln zu kennen und darüber sprechen zu können.

Das stimmt! Aber um in diesem Kurs die Klausur zu bestehen, müsst ihr nicht einmal Logikmeister sein; ein gewisses Maß an Expertise genügt.

Diese *Expertise* ist besonders wichtig, wenn ihr die klassische Logik angreifen oder kritisieren wollt – denn ohne ein gewisses Maß an Wissen seid ihr wie ein Schachkommentator, der nicht einmal weiß, was ein Fianchetto ist!

Zweitens: Die Regeln der Logik regen unser Denken zu vielen philosophisch bedeutsamen Fragen an.

Tatsächlich können wir sogar die Regeln des Schachs nutzen, um über interessante Themen zu sprechen, wie Politik. Zum Beispiel könnte man sagen:

Die Partei vollzog eine Rochade, um ihren Anführer vor den Angriffen der Opposition zu schützen.

Das ist eine sinnvolle Metapher, die wir nur verstehen können, wenn wir wissen, was eine Rochade ist! In ähnlicher Weise können wir auch die Regeln der Logik verwenden, um über etwas anderes als Logik zu sprechen.<sup>1</sup>

Im Gegensatz zum Schach werden die Regeln der Logik jedoch nicht metaphorisch benutzt. Wenn wir logische Konzepte verwenden, um Argumente zu begründen, versuchen wir, die echten logischen Zusammenhänge im Argument zu erfassen.

Und was wir über mit diesen Begriffen entdecken können, ist nicht oberflächlich. Lasst uns drei Beispiele kurz erwähnen.

1. Gödels Unvollständigkeitssätze zeigen, dass es in jedem konsistenten und hinreichend komplexen mathematischen System wahre Aussagen gibt, die weder bewiesen noch widerlegt werden können. Dies bedeutet, dass es Grenzen für das gibt, was in der Mathematik bewiesen werden kann.
2. Die Existenz einer Perpetuum Mobile steht in logischem Widerspruch zu den ersten beiden Gesetzen der Thermodynamik. Da beide Gesetze in der Physik als ziemlich sicher betrachtet werden, könnten wir davon schließen, dass ein Perpetuum Mobile unmöglich ist. Dies bedeutet, dass es Grenzen für das gibt, was physisch möglich ist.
3. Das Arrow-Theorem zeigt, dass es unmöglich ist, ein Wahlsystem zu konstruieren, das bestimmte faire Bedingungen erfüllt und gleichzeitig rational und konsistent ist, wenn es drei oder mehr Optionen gibt. Das bedeutet, dass es Grenzen für die Gestaltung von Wahlsystemen und Demokratie gibt.

Es ist möglich, eine Vorstellung von diesen Entdeckungen zu haben, ohne **Logik I** bestanden zu haben. Ich kann euch jedoch versichern, dass ihr sie nur vollständig verstehen werdet, wenn ihr **Logik I** erfolgreich abgeschlossen habt.

1: In der Tat sind Metaphern im Schach nicht immer vollständig treffend. Zum Beispiel:

Der Senator verhielt sich wie ein Bauer, bewegte sich Feld für Feld und hatte keinen Einfluss.

Wenn man die Bewegungen eines Politikers mit den begrenzten Zügen eines Bauern vergleicht, wird übersehen, dass Bauern mächtig werden können, wenn sie die andere Seite des Schachbretts erreichen!

### 0.3 Bedeutung der Übungen

Nun, da wir gute Gründe genannt haben, Logik zu lernen, lasst uns über einen entscheidenden Teil des Kurses sprechen: die Übungen!

Die einzige Möglichkeit, wirklich von diesem Tutorium zu profitieren, besteht darin, aktiv zu versuchen, die Übungen zu machen. Dies bedeutet, sich die Zeit zu nehmen, die Aufgaben zu bearbeiten und zum Tutorium zu kommen, um zu überprüfen, ob sie korrekt oder falsch gelöst wurden und warum.

Lernen ist ein aktiver Prozess. Nur durch das Ausprobieren und Anwenden der Konzepte, die wir hier behandeln, werdet ihr in der Lage sein, die Regeln der Logik wirklich zu verinnerlichen.

Und ja, das bedeutet, dass ihr auch Fehler machen werdet – das ist ein Teil des Lernprozesses und eine Möglichkeit, herauszufinden, wo ihr mehr Klarheit benötigt.

Ich empfehle euch, sowohl individuell zu arbeiten als auch im Team (in dieser Reihenfolge). Das bedeutet, dass ihr nicht nur alleine lernen solltet, sondern auch mit euren Kommilitonen. Wenn ihr euch gegenseitig unterstützt und Fragen stellt, könnt ihr oft viel mehr lernen, als wenn ihr alleine arbeitet.

Außerdem teilt gerne eure Fragen und Bedenken im Tutorium – das bringt frischen Wind in unsere Sitzungen und hilft jedem von euch, das Gelernte besser zu verstehen.

Fragen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses, und ich freue mich darauf, euch zu helfen. Denkt daran, je mehr ihr fragt und je mehr ihr übt, desto mehr werdet ihr in der Lage sein, die Konzepte zu beherrschen (und die Klausur zu bestehen).

### 0.4 Die Kunst des Fragens

Einige von euch sind vielleicht ein bisschen schüchtern. Das ist ganz normal!

Viele Menschen fühlen sich in einer neuen Umgebung oder beim Lernen neuer Konzepte unsicher. Aber ich möchte euch ermutigen, diese Schüchternheit zu überwinden.

Es gibt keine dummen Fragen! Das ist eine der wichtigsten Regeln, die ihr euch merken solltet. Egal wie einfach oder kompliziert eine Frage erscheinen mag – fragt einfach!

Wenn ihr euch jedoch nicht wohl dabei fühlt, während der Sitzungen Fragen zu stellen, könnt ihr mir auch gerne eine E-Mail schicken oder zu meinen Sprechstunden vorbeikommen. So können wir sicherstellen, dass wir alle Missverständnisse klären und ihr die Unterstützung bekommt, die ihr braucht.

Also, es gibt keine dummen Fragen.

Es gibt jedoch Fragen, die in einem Tutorium wie diesem hilfreicher sind als andere. Während *Was-* und *Warum-*Fragen ihren Platz haben, sind es die *Wie-*Fragen, die in diesem Kontext oft die besten Einsichten bieten.

Beginnen wir mit den *Was*-Fragen. Fragen wie:

Was ist eine Implikation?

oder:

Was bedeutet Gültigkeit?

können zwar informativ sein, aber sie führen oft nur zu oberflächlichen Antworten.

In einem philosophischen Kontext kann es zwar wichtig sein, eine Definition zu kennen, aber das allein reicht oft nicht aus, um wirklich zu lernen, das Konzept anzuwenden.

Dann gibt es die *Warum*-Fragen. Diese können sehr tiefgründig und anregend sein, wie zum Beispiel:

Warum können wir nicht vom Satz des Widerspruchs absehen?

oder

Warum müssen wir uns mit den klassischen Regeln der Logik zufrieden geben?

Diese Fragen führen oft zu interessanten Diskussionen, und ich würde sie gerne in einem geeigneten Kontext behandeln. Aber in unserem Tutorium ist es hilfreich, sich auch auf praktischen Nutzen zu konzentrieren.

Jetzt kommen wir zu den *Wie*-Fragen – diese sind Gold wert! Zum Beispiel:

Wie forme ich (nicht) ein gültiges Argument mit dieser Formel?

Wie kann ich diese Regel bei diesem Satz (nicht) anwenden?

Wie erkenne ich die Gültigkeit oder Ungültigkeit eines Arguments dieser Art?

Solche Fragen zeigen, dass ihr aktiv an eurem Verständnis arbeitet. Sie helfen uns, die praktischen Anwendungen der logischen Konzepte zu erkunden, die wir besprechen. Sie sind der Schlüssel, um die Regeln und Prinzipien der Logik tatsächlich zu beherrschen.

Das bedeutet jedoch nicht, dass ihr keine *Was-* und *Warum-*Fragen stellen dürft. Manchmal sind sie sehr nützlich, um die grundlegenden Konzepte zu klären oder um den theoretischen Rahmen zu verstehen. Zu beachten ist, dass die wesentlichen *Was-* und *Warum-*Fragen im Unterricht von Hannes behandelt werden.

Es ist einfach eine Frage der Balance. Während wir uns mit den Übungen beschäftigen und die Regeln erlernen, solltet ihr auch darüber nachdenken, wie ihr diese Regeln in verschiedenen Kontexten anwenden könnt.

Einige *Was-* und *Warum-*Fragen können jedoch auch sehr produktiv in diesem Tutorium sein. Zum Beispiel:

Was ist der Unterschied zwischen dieser und der anderen Regel?

Warum ist diese Regel hier nicht anwendbar?

Denkt also daran: Jede Frage kann wichtig und interessant sein.

Versucht jedoch, euch auf die Fragen zu konzentrieren, die euch helfen, die im Kurs gelernten Logikregeln anzuwenden.

Andere nützliche Fragen für unser Tutorium sind:

Kannst du ein Beispiel geben, um das zu verdeutlichen?

Sind diese beiden Konzepte nicht dasselbe?

Kann ich die Gültigkeit dieses Arguments auf diese andere Weise beweisen?

Kann ich hier diese andere Regel oder Prämisse benutzen?

Was sind typische Fehler bei der Verwendung dieser Regel?

Und, natürlich:

Luis, könntest du das noch einmal erklären?

Aber wenn ihr euch nicht sicher seid, ob eure Frage diese Kriterien erfüllt, sagt einfach, was ihr denkt. Wenn etwas unklar ist, ist es immer besser, nachzufragen, als still zu bleiben und zu hoffen, dass es irgendwann klarer wird. Wird es nicht!

Ihr werdet überrascht sein, wie oft eure Frage auch anderen helfen kann, die sich möglicherweise genau die gleiche Frage stellen!

Ludwig Wittgenstein sagte:

Wovon man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen.

Ich ermutige euch dennoch, in diesem Tutorium nicht zu schweigen, denn eure Fragen könnten jemanden helfen, Logik zu verstehen (und ihm somit vielleicht sogar das Leben retten).

## 0.5 Sitzungsübersicht

Jedes Kapitel dieses Tutoriumsskripts (nicht zu verwechseln mit dem Kurs-Skript) ist in der Regel in drei Teile gegliedert:

1. **Vorbereitung:** Enthält eher einfache, einführende Übungen oder Begriffe.
2. **Übungen:** Beinhaltet die Aufgaben aus dem Kurs-Skript.
3. **Zusatzübungen:** Weitere Aufgaben für Studierende, die zusätzliche Übung wünschen.

Die Lösungen zu den meisten Übungen werden nach der jeweiligen Sitzung bereitgestellt.

Normalerweise wird jedes Kapitel in zwei halben Sitzungen (an zwei verschiedenen Tagen) behandelt:

- In der ersten Sitzung bearbeiten wir die Vorbereitungsbücher oder die einfacheren Übungen aus dem Kurs-Skript.
- Die zweite Sitzung konzentriert sich auf die schwierigeren Übungen aus dem Kursskript.

Aufgrund ihrer Komplexität werden die letzten beiden Kapitel mehr Zeit in Anspruch nehmen.

Im Folgenden sind alle Sitzungen der Gruppe I des Tutoriums **Logik I** für das Wintersemester 2025–26 in chronologischer Reihenfolge aufgeführt. Die Angaben in der Spalte ‚Thema‘ beziehen sich auf die Kapitel des Kursskripts von Prof. Leitgeb.

Nr.	Datum	Thema	Bemerkung
1	22.10.2025	Einf. & Ü. zu Kapitel 1	
2	29.10.2025	Ü. zu Kapitel 1	
3	5.11.2025	Ü. zu Kapitel 1 & 2–3	
4	12.11.2025	Ü. zu Kapitel 2–3	
5	19.11.2025	Ü. zu Kapitel 4 & 5	
6	26.11.2025	Ü. zu Kapitel 5	
7	29.11.2025	Ü. zu Kapitel 5 & 6	Samstag, 12:00–14:00, Online Zusatztermin
8	6.12.2025	Ü. zu Kapitel 6	Samstag, 12:00–14:00, Online
9	13.12.2025	Ü. zu Kapitel 6 & 8	Samstag, 12:00–14:00, Online
10	20.12.2025	Ü. zu Kapitel 9 & 10	Samstag, 12:00–14:00, Online
			<i>Winterpause</i>
11	7.1.2026	Ü. zu Kapitel 10	
12	14.1.2026	Ü. zu Kapitel 10 & 11	
13	21.1.2026	Ü. zu Kapitel 11	
14	28.1.2026	Probeklausur 1	
15	30.1.2026	Probeklausur 2	Freitag, 18:00–20:00

**Bemerkungen:**

- ▶ Die meisten Treffen finden mittwochs von 16:00 bis 18:00 Uhr im Geschw.-Scholl-Pl. 1 (E), E 006 statt.
- ▶ Ausnahme 1: Die Sitzungen 7–10 finden online statt.  
**Link:** <https://lmu-munich.zoom-x.de/j/67669211312?pwd=LacxlbVCoQekQIsmZtbPP2tLwDLQPI.1>
- ▶ Ausnahme 2: Sitzung 14, die am Freitag (auch im Geschw.-Scholl-Pl. 1 (E), E 006) stattfindet.
- ▶ Es gibt keine Übungen zu den Kapiteln 7, 12–14.
- ▶ Zwischen dem 24.12.2025 und dem 6.1.2026 ist Winterpause.

## 0.6 Sprechstunden

Zusätzlich biete ich wöchentliche Sprechstunden an, in denen ihr offene Fragen klären, Übungsaufgaben besprechen.

**Sprechstunde:** Montags, 18:00 & 20:00 Uhr

**Gebäude:** Zimmer 223, Ludwigstraße 31, 80539 München

**E-Mail:** [L.Bartolo@campus.lmu.de](mailto:L.Bartolo@campus.lmu.de)

In den Sprechstunden könnt ihr mit mir auf Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Portugiesisch oder Spanisch sprechen.

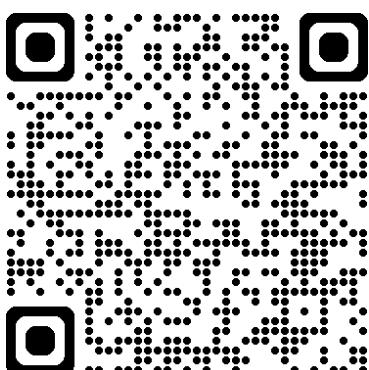
**Bemerkungen:**

- ▶ Im Dezember finden die Sprechstunden nach Vereinbarung zwischen 12:00 und 13:00 Uhr online statt.
- ▶ Am 26.1.2026 entfällt die Sprechstunde um die Probeklausur zu machen.
- ▶ Die letzte Sprechstunde findet am 2.2.2026 statt.

## 0.7 Materialien

Ihr könnt dieses Tutoriumsskript sowie alle weiteren zusätzlichen Materialien für diese Übungsgruppe im folgenden GitHub-Repository finden:

<https://github.com/luisbartolo/Logik1-WiSe-25-26.git>



# 1

## Vorbemerkungen

### 1.1 Vorbereitung

Meiner Meinung nach gehört das Folgende zu den Top-5 der schwierigsten Themen in Logik I<sup>1</sup>:

1. Prädikatenlogische Semantik
2. Anführungszeichen, Verwendung und Erwähnung
3. Herzleitungsregeln für Quantoren
4. Informelle Beweise
5. Herzleitungsstrategien

Kapitel 1 befasst sich genau mit dem Punkt 2 dieser Liste. Unsere Gehirne sind nicht dafür entwickelt, die zwischen Verwendung und Erwähnung – und noch mehr, die Bedeutung von Ausdrücken mit und ohne Anführungszeichen. Dieser vorbereitende Abschnitt wird Ihnen helfen, diesen Unterschied zu verstehen.

In der linken Spalte steht der Name des Ausdrucks, in der mittleren Spalte der Ausdruck selbst, und in der rechten Spalte die Bedeutung des Ausdrucks (aus der zweiten Spalte).<sup>2</sup>

Name	Ausdruck	Bedeutung
„Angela Merkel“	Angela Merkel	
„Allianz Arena“	Allianz Arena	

1.1 Vorbereitung . . . . .	9
1.1.1 Anhang . . . . .	13
1.1.2 Lösungen . . . . .	14
1.2 Übungen . . . . .	17
1.2.1 Lösungen . . . . .	20
1.3 Zusatzübungen . . . . .	29
1.3.1 Lösungen . . . . .	30

1: **Bemerkung:** Sie müssen diese Begriffe noch nicht verstehen, sondern nur bereit sein, sie in zukünftigen Lektionen wiederzuerkennen und ihnen besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

2: **Bemerkung:** Stellen Sie sich vor, dass die Bilder von Angela Merkel und Allianz Arena nicht nur Fotos sind, sondern dass sie tatsächlich Angela Merkel und die Allianz Arena selbst sind! (Oder siehe Sektion 1.1.1.)

**Aktivierungselement 1.1.** Für jede der folgenden Aussagen: Geben Sie an, ob sie wahr (**w**) oder falsch (**f**) ist. (Leerzeichen und Punkte werden dabei nicht als Zeichen gezählt.) [Antwort]

1. Obwohl ‚Angela Merkel‘ und ‚die Allianz Arena‘ Ausdrücke sind, sind Angela Merkel und die Allianz Arena keine Ausdrücke. [ ]
2. Angela Merkel war Bundeskanzlerin von Deutschland. [ ]
3. ‚Angela Merkel‘ war Bundeskanzlerin von Deutschland. [ ]
4. ‚Angela Merkel‘ ist der Name von Angela Merkel. [ ]
5. Angela Merkel ist der Name von Angela Merkel. [ ]
6. Angela Merkel ist Angela Merkel. [ ]
7. Angela Merkel ist ‚Angela Merkel‘. [ ]
8. ‚Angela Merkel‘ ist Angela Merkel. [ ]
9. ‚Angela Merkel‘ ist ‚Angela Merkel‘. [ ]
10. ‚Angela Merkel‘ ist der Name einer früheren Bundeskanzlerin von Deutschland. [ ]
11. „Angela Merkel“ ist der Name von ‚Angela Merkel‘. [ ]
12. „Angela Merkel“ ist der Name von „Angela Merkel“. [ ]
13. „Angela Merkel“ ist „„Angela Merkel““. [ ]
14. ‚Angela Merkel‘ ist der Name von „„Angela Merkel““. [ ]
15. Satz 2 hat 44 Zeichen. [ ]
16. ‚Angela Merkel war Bundeskanzlerin von Deutschland‘ hat 44 Zeichen. [ ]
17. Satz 2 hat 5 Zeichen. [ ]
18. ‚Angela Merkel war Bundeskanzlerin von Deutschland‘ hat 5 Zeichen. [ ]
19. ‚Satz 2‘ hat 44 Zeichen. [ ]
20. ‚Satz 2‘ hat 5 Zeichen. [ ]
21. Satz 15 und Satz 16 bedeuten das Gleiche. [ ]
22. Satz 15 und Satz 16 haben die gleiche Anzahl von Zeichen. [ ]
23. ‚Satz 15‘ und ‚Satz 16‘ bedeuten das Gleiche. [ ]
24. ‚Satz 15‘ und ‚Satz 16‘ haben die gleiche Anzahl von Zeichen. [ ]
25. ‚Satz 15‘ und ‚Satz 16‘ haben die gleichen Zeichen. [ ]

## Beziehungen zwischen Ausdrücken und Namen

Die folgende Tabelle zeigt, wie Ausdrücke und Ausdrücke in Anführungszeichen in Bezug auf ihre Namen und Bedeutungen zueinander stehen.

Name	Ausdruck	Bedeutung
„Allianz Arena“	Allianz Arena	
„„Allianz Arena““	„Allianz Arena“	Allianz Arena
„„Allianz Arena““	„Allianz Arena““	„Allianz Arena“
„„„Allianz Arena“““	„„Allianz Arena“““	„Allianz Arena““
„„„Allianz Arena“““	„„Allianz Arena“““	„Allianz Arena““

**Aktivierungselement 1.2.** Fügen Sie die fehlenden Informationen in der Tabelle unten hinzu. (Stellen Sie sich wie zuvor vor, dass die Bilder nicht nur Bilder sind, sondern dass sie tatsächlich die Objekte selbst sind.)

Name der Ausdruck	Ausdruck	Bedeutung
,Die Erde'		
	Freddie Mercury	
„2“		,2‘
„Der Name der größten Musikband der Welt“		
	Der Name des Komponisten von <i>Messiah</i> (HWV 56)	
	Der Name von ‚Richard Wagner‘	
„Der Name von Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer“		
„Der Name von ‚Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer‘“		

### 1.1.1 Anhang

Die folgende Tabelle wäre eine korrektere Version der Tabelle am Anfang dieses Dokuments:

Name	Ausdruck	Bedeutung
„Ein Bild von Angela Merkel“	Ein Bild von Angela Merkel	 A close-up portrait of Angela Merkel, smiling, wearing a blue jacket.
„Ein Bild der Allianz Arena“	Ein Bild der Allianz Arena	 An aerial night view of the Allianz Arena in Munich, showing its illuminated red exterior and surrounding infrastructure.

### 1.1.2 Lösungen

**Lösung zu Aktivierungselement 1.1.** Wir verwenden **Hervorhebungen** oder **Unterstreichungen**, um Ausdrücke zu betonen und Begriffe mit gleicher Bedeutung anzuseigen.

1. Obwohl ‚Angela Merkel‘ und ‚die Allianz Arena‘ Ausdrücke sind, sind **Angela Merkel** und **die Allianz Arena** keine Ausdrücke. [w]

#### Erklärung

**Angela Merkel** und **die Allianz Arena** sind Gegenstände, nicht Ausdrücke.

2. **Angela Merkel** war Bundeskanzlerin von Deutschland. [w]
3. ‚**Angela Merkel**‘ war Bundeskanzlerin von Deutschland. [f]

#### Erklärung

Kein Ausdruck konnte Bundeskanzlerin werden.

4. „Angela Merkel“ ist der Name von Angela Merkel. [w]
5. **Angela Merkel** ist der Name von Angela Merkel. [f]
6. **Angela Merkel** ist **Angela Merkel**. [w]

#### Erklärung

Ein Fisch ist ein Fisch. Oder?

7. **Angela Merkel** ist ‚**Angela Merkel**‘. [f]

#### Erklärung

**Angela Merkel** ist kein Ausdruck ...

8. ‚**Angela Merkel**‘ ist **Angela Merkel**. [f]

#### Erklärung

... und kein Ausdruck ist **Angela Merkel**.

9. „Angela Merkel“ ist „Angela Merkel“. [w]
10. ‚**Angela Merkel**‘ ist der Name einer früheren Bundeskanzlerin von Deutschland. [w]

11. „Angela Merkel“ ist der Name von „Angela Merkel“. [w]  
 12. „Angela Merkel“ ist der Name von „Angela Merkel“. [f]

**Erklärung**

Ein Ausdruck kann (normalerweise) nicht sein eigener Name sein.

13. „Angela Merkel“ ist „Angela Merkel“. [f]

**Erklärung**

Wie in Satz 12.

14. „Angela Merkel“ ist der Name von „Angela Merkel“. [f]

**Erklärung**

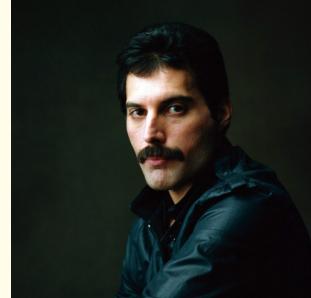
Ein Ausdruck kann nicht der Name seines Namens sein.

15. Satz 2 hat 44 Zeichen. [w]  
 16. „Angela Merkel war Bundeskanzlerin von Deutschland“ hat 44 Zeichen. [w]  
 17. Satz 2 hat 5 Zeichen. [f]  
 18. „Angela Merkel war Bundeskanzlerin von Deutschland“ hat 5 Zeichen. [f]  
 19. „Satz 2“ hat 44 Zeichen. [f]  
 20. „Satz 2“ hat 5 Zeichen. [w]  
 21. Satz 15 und Satz 16 bedeuten das Gleiche. [w]  
 22. Satz 15 und Satz 16 haben die gleiche Anzahl von Zeichen. [f]  
 23. „Satz 15“ und „Satz 16“ bedeuten das Gleiche. [f]  
 24. „Satz 15“ und „Satz 16“ haben die gleiche Anzahl von Zeichen. [w]  
 25. „Satz 15“ und „Satz 16“ haben die gleichen Zeichen. [f]

**Erklärung**

In „Satz 15“ kommt eine „15“ vor, aber nicht in „Satz 16“.

### Lösung zu Aktivierungselement 1.2.

Name	Ausdruck	Bedeutung
„Die Erde“	Die Erde	
„Freddie Mercury“	Freddie Mercury	
„ <u>2</u> “	<u>2</u>	„2“
„Der Name der größten Musikband der Welt“	Der Name der größten Musikband der Welt	Der Name der größten Musikband der Welt
„Der Name des Komponisten von Messiah (HWV 56)“	Der Name des Komponisten von Messiah (HWV 56)	Georg Friedrich Händel
„Der Name von Richard Wagner“	Der Name von Richard Wagner	„Richard Wagner“
„Der Name von Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer“	Der Name von Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer	Michael Schumacher
„Der Name von Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer“	Der Name von „Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer“	„Deutschlands berühmtestem Formel-1-Fahrer“

## 1.2 Übungen

**Übung 1.1.** Wie viele Ausdruckstypen von Buchstaben bzw. Wörtern sind in jedem einzelnen der folgenden Sätze instantiiert, wie viele in allen Sätzen zusammen? Wie oft sind die Ausdruckstypen ‚a‘, ‚t‘, ‚d‘, ‚Hase‘ und ‚Nase‘ instantiiert?

1. Jeder Hase hat eine Nase.
2. Ich bin ein Hase.
3. Folglich habe ich eine Nase.

**Übung 1.2.** Ein logischer Laie äußert die drei unteren Übungssätze. Auf welche Arten lassen sich diese Sätze deuten, und was ist die wörtliche Deutung dieser Sätze?

1. Aristoteles hat 11 Buchstaben.
2. Dieser Satz hat 23 Zeichen.
3. ‚Dieser Satz‘ hat 10 Zeichen.

**Übung 1.3.** Geben Sie für jedes der folgenden Beispiele an, an welcher Stelle ein Ausdruck erwähnt bzw. verwendet wird, und wer oder was dabei jeweils erwähnt oder verwendet wird!

1. Aristoteles ist lang.
2. ‚Aristoteles‘ ist lang.
3. Aristoteles ist länger als ‚Aristoteles‘.
4. „Aristoteles“ ist länger als ‚Aristoteles‘.
5. ‚Aristoteles‘ bezeichnet nicht ‚Aristoteles‘, sondern Aristoteles. „Aristoteles“ hingegen bezeichnet nicht Aristoteles, sondern ‚Aristoteles‘.
6. ‚Schnee ist weiß‘ ist wahr genau dann, wenn Schnee weiß ist.
7. Die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden. Das ist der Grund meiner Erwähnung von ‚Die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden.‘
8. ‚Das Spielen mit der Unterscheidung von Verwendung und Erwähnung‘ ist nicht ‚alles im Leben, weißt du?‘.
9. Dies ist ein Satz mit ‚Zwiebelringen‘, ‚Salatblättern‘, ‚Tomatenscheiben‘ und ‚Pommes Frites als Beilage‘.

**Übung 1.4.** Welche der folgenden Zeichenfolgen sind Aussagesätze? Begründen Sie jeweils Ihre Antworten.

1. Herbert und Heidi sind befreundet.
2. Herbert und Heidi sind beliebt.
3. Herbert und Heidi sind beide nicht glücklich.
4. Herbert und Heidi lieben sich.
5. Herbert und Heidi lieben einander.
6. Es ist nicht der Fall, dass Herbert und Heidi beide nicht glücklich sind.
7. Oh nein, oh nein, oh nein! Das darf doch wohl nicht wahr sein!
8. Wenn Herbert in die Stadt gefahren ist, so sitzt er sicherlich bereits in seinem Büro.
9. An der Liebe Niederlagen  
läßt der Dichter Lieder nagen.  
(Mühsam)
10. Die Quadratwurzel aus Zwiebelsuppe und rechtwinkligem Lebertran ist mit Goethes Wanderjahren verheiratet und liebt Chopin mehr als die Kniekehlen ihrer Mutter.
11. Mein Bart ist genau dann rosarot, wenn ich mich weniger langeweile als die Fleischstrudelsuppe meiner Großmutter.
12. Ich weiß, dass  $7 + 5 = 11$ .
13. Thales von Milet, ein ionischer Naturphilosoph, sagte die Sonnenfinsternis vom 28. März 585 v. Chr. voraus.
14. Der Räuber sagte: „Geld oder Leben!“, und er nahm beides.
15. Das Wetter ist heute grauenhaft, nicht wahr?
16. Wer andern eine Grube gräbt, fällt selbst hinein.
17. Zwei Trichter wandeln durch die Nacht.  
Durch ihres Rumpfs verengten Schacht  
fließt weißes Mondlicht  
still und heiter  
auf ihren  
Waldweg  
usw.  
(Morgenstern)
18. Du sollst nicht töten.
19. balzerig würmelte es im mannechensee  
und den weibern ward so pngstig ums heil  
zumahn: wenn ein knie-ender sie hirschelte.  
(Jandl)

20. Schweig, Elender!
21. Kleine Lügen und auch kleine Kinder haben kurze Beine.  
(Ringelnatz)
22. Die Eins sind nicht nur, sondern sie erhalten sich durch ihr gegenseitiges Ausschließen. (Hegel)
23. Wer in Wasser badet, kann nass werden.
24. Der April macht, was er will.
25. Dornröschen wurde von einem wunderschönen Prinzen durch einen zärtlichen Kuss aus einem tiefen Schlaf erweckt.
26. Österreich hat sich nach dem Staatsvertrag im Jahre 1955 durch ein Verfassungsgesetz zur Neutralität verpflichtet.
27. Dieses Verfassungsgesetz muss abgeschafft werden.
28. Dieses Lied gefällt mir besonders gut.
29. 's echt cool, eh?
30. Der Satz mit der Nummer 30 auf dieser Seite ist falsch.

### 1.2.1 Lösungen

**Bemerkung:** Leerzeichen und Punkte werden nicht als Zeichen gezählt. Zwei Ausdrücke, die dieselben Buchstaben in derselben Reihenfolge enthalten, aber sich in der Groß- und Kleinschreibung unterscheiden, gelten als Ausdrücke des selben Ausdruckstyps.

**Lösung zu Übung 1.1.** Wie viele Ausdruckstypen von Buchstaben bzw. Wörtern sind in jedem einzelnen der folgenden Sätze instantiiert, wie viele in allen Sätzen zusammen? Wie oft sind die Ausdruckstypen ‚a‘, ‚t‘, ‚d‘, ‚Hase‘ und ‚Nase‘ instantiiert?

1. Jeder Hase hat eine Nase.

#### Antwort

- ▶ 10 Buchstabentypen: ‚j‘, ‚d‘, ‚r‘, ‚t‘, ‚i‘ (einmal); ‚h‘, ‚s‘, ‚n‘ (zweimal); ‚a‘ (dreimal); ‚e‘ (sechsmal).
- ▶ ‚Nase‘ (einmal); ‚Hase‘ (einmal).

2. Ich bin ein Hase.

#### Antwort

- ▶ 8 Buchstabentypen: ‚c‘, ‚b‘, ‚a‘, ‚s‘ (einmal); ‚h‘, ‚n‘, ‚e‘ (zweimal); ‚i‘ (dreimal).
- ▶ ‚Nase‘ (niemals); ‚Hase‘ (einmal).

3. Folglich habe ich eine Nase.

#### Antwort

- ▶ 12 Buchstabentypen: ‚f‘, ‚o‘, ‚g‘, ‚b‘, ‚n‘, ‚s‘ (einmal); ‚l‘, ‚c‘, ‚a‘ (zweimal); ‚i‘, ‚h‘ (dreimal); ‚e‘ (viermal).
- ▶ ‚Nase‘ (einmal); ‚Hase‘ (niemals).

**Lösung zu Übung 1.2.** Ein logischer Laie äußert die drei unteren Übungssätze. Auf welche Arten lassen sich diese Sätze deuten, und was ist die wörtliche Deutung dieser Sätze?

1. Aristoteles hat 11 Buchstaben.

**Antwort**

(Der Eigename) ‚Aristoteles‘ (in deutscher Rechtschreibung) hat Buchstaben.

**Erklärung**

Wenn man den Satz wörtlich nimmt, besagt er, dass die Person Aristoteles selbst 11 Buchstaben besitzt. Das wäre unsinnig, da Personen nicht aus Buchstaben bestehen.

2. Dieser Satz hat 23 Zeichen.

**Antwort:** Der Satz 2 hat 23 Zeichen.

**Erklärung:** Solche Zeichen sind: ‚D‘, ‚i‘, ..., ‚e‘ und ‚n‘.

3. ‚Dieser Satz‘ hat 10 Zeichen.

**Antwort:** (Der Ausdruck) ‚Dieser Satz‘ hat 10 Zeichen.

**Erklärung:** Solche Zeichen sind: ‚D‘, ‚i‘, ..., ‚t‘ und ‚z‘.

**Bemerkung:** Im Folgenden präsentiere ich eigene Lösungsversuche zu den Aufgaben. Danach werde ich jeweils prüfen, ob diese Vorschläge korrekt sind. Einige der Antworten basieren auf Lösungen von Studierenden aus früheren Kursen.

**Lösung zu Übung 1.3.** Geben Sie für jedes der folgenden Beispiele an, an welcher Stelle ein Ausdruck erwähnt bzw. verwendet wird, und wer oder was dabei jeweils erwähnt oder verwendet wird!

1. Aristoteles ist lang.

#### Lösungsversuch

Der Ausdruck Aristoteles wird erwähnt und der Ausdruck ‚Aristoteles‘ wird verwendet.

**Erklärung:** Nicht völlig korrekt. Die Antwort ist korrekt in Bezug auf die Anführungszeichen. Aristoteles ist jedoch keine Ausdruck, sondern eine Person, deren Name ‚Aristoteles‘ ist.

2. ‚Aristoteles‘ ist lang.

#### Lösungsversuch

(Der Ausdruck) ‚Aristoteles‘ wird erwähnt und (der Ausdruck) „Aristoteles“ wird verwendet.

**Erklärung:** Korrekt!

3. Aristoteles ist länger als ‚Aristoteles‘.

#### Lösungsversuch

(Der Philosoph) Aristoteles und (sein Name) ‚Aristoteles‘ werden erwähnt. Ihre jeweiligen Namen, ‚Aristoteles‘ und „Aristoteles“, werden verwendet.

**Erklärung:** Korrekt! Andere Lösung wäre: ‚Aristoteles‘ wird links verwendet und rechts erwähnt.

4. „Aristoteles“ ist länger als ‚Aristoteles‘.

#### Lösungsversuch

Aristoteles, ‚Aristoteles‘ und „Aristoteles“ werden erwähnt. ‚Aristoteles‘ und „Aristoteles“ werden verwendet.

**Erklärung:** Nicht korrekt! Der Satz handelt nicht von dem Philosophen.

5. „Aristoteles‘ bezeichnet nicht ‚Aristoteles‘, sondern Aristoteles. „Aristoteles“ hingegen bezeichnet nicht Aristoteles, sondern ‚Aristoteles‘.

**Lösungsversuch**

Die Ausdrücke ‚Aristoteles‘ und „Aristoteles“, sowie die Person Aristoteles werden erwähnt. Die Ausdrücke ‚Aristoteles‘, „Aristoteles“ und „Aristoteles“ werden verwendet.

**Erklärung:** Korrekt! Außerdem ist der Satz wahr.

6. ‚Schnee ist weiß‘ ist wahr genau dann, wenn Schnee weiß ist.

**Lösungsversuch**

Korrekt! Der Satz ‚Schnee ist weiß‘ ist links erwähnt und rechts verwendet.

**Erklärung:** Korrekt! Man kann auch sagen: Es wurde erwähnt, dass Schnee weiß ist.

7'. Die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden.

**Bemerkung:** Wir könnten 7' wie folgt umformulieren:

Wenn wir ‚Verwendung‘ und ‚Erwähnung‘ verwenden, ist es einfacher zwischen Verwendung und Erwähnung zu unterscheiden.

7. Die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden. Das ist der Grund meiner Erwähnung von ‚Die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden.‘

### Lösungsversuch 1

Verwendet werden ‚Verwendung‘, ‚Erwähnung‘, „Verwendung“, „Erwähnung“, sowie der Satz 7'.

**Erklärung:** Nicht völlig korrekt! Alles stimmt, bis auf den letzten Punkt. Es ist nicht ganz korrekt zu sagen, dass der Satz 7' tatsächlich verwendet wurde.

Angenommen, ich habe Folgendes gesagt:

(a) Ich bin Luis.

(b) Ich sagte: ‚Ich bin Luis.‘

Im Satz (a) habe ich den Satz ‚Ich bin Luis‘ verwendet (und erwähnt, dass ich Luis bin).

Im Satz (b) habe ich ‚Ich bin Luis‘ erwähnt, und zugleich ‚Ich bin Luis‘ verwendet. Aber ‚Ich bin Luis‘ ist kein Satz, sondern der Name des Satzes ‚Ich bin Luis‘.

### Lösungsversuch 2

Erwähnt werden Verwendung, Erwähnung, ‚Verwendung‘, ‚Erwähnung‘, und der Satz 7'.

**Erklärung:** Korrekt! Wie im 6, kann man auch antworten: Es wurde erwähnt, dass die Verwendung von ‚Verwendung‘ und von ‚Erwähnung‘ hilft, Verwendung von Erwähnung zu unterscheiden.

8. „Das Spielen mit der Unterscheidung von Verwendung und Erwähnung“ ist nicht „alles im Leben, weißt du?“.

#### Lösungsversuch

Erwähnt ist, dass das Spielen mit der Unterscheidung von Verwendung und Erwähnung nicht alles im Leben ist, oder?

**Erklärung:** Nicht korrekt. Erwähnt werden die Ausdrücke, mit denen wir das erwähnen könnten.

**Bemerkung:** Betrachten Sie die folgenden zwei Sätze:

- (a) Aristoteles ist der Stagirit.
- (b) „Aristoteles“ ist „der Stagirit“.
- (c) Aristoteles und der Stagirit bedeuten dasselbe.
- (d) „Aristoteles“ und „der Stagirit“ bedeuten dasselbe.

Der Satz (a) ist wahr, aber der Satz (b) ist falsch. Beachten Sie aber, dass (c) zwar keinen Sinn ergibt, aber (d) wahr ist. Sie sind ein und dieselbe Person, und Personen haben keine sprachliche Bedeutung.

9. Dies ist ein Satz mit „Zwiebelringen“, „Salatblättern“, „Tomatenscheiben“ und „Pommes Frites als Beilage“.

#### Lösungsversuch

Erwähnt werden „Zwiebelringen“, „Salatblättern“, „Tomatenscheiben“ und „Pommes Frites als Beilage“. Verwendet werden Zwiebelringen, Salatblättern, Tomatenscheiben und Pommes Frites als Beilage.

**Erklärung:** Korrekt hinsichtlich Erwähnung, aber nicht korrekt hinsichtlich Verwendung. Ein Satz ist keine Zubereitung von Nahrung.

**Frage:** Ist dieser Satz wahr oder falsch?

**Lösung zu Übung 1.4.** Welche der folgenden Zeichenfolgen sind Aussagesätze? Begründen Sie jeweils Ihre Antworten. [Antwort]

1. Herbert und Heidi sind befreundet. ja
2. Herbert und Heidi sind beliebt. ja
3. Herbert und Heidi sind beide nicht glücklich. ja
4. Herbert und Heidi lieben sich. ja
5. Herbert und Heidi lieben einander. ja
6. Es ist nicht der Fall, dass Herbert und Heidi beide nicht glücklich sind. ja
7. Oh nein, oh nein, oh nein! Das darf doch wohl nicht wahr sein! nein
8. Wenn Herbert in die Stadt gefahren ist, so sitzt er sicherlich bereits in seinem Büro. ja
9. An der Liebe Niederlagen lässt der Dichter Lieder nagen.  
(Mühsam) vielleicht
10. Die Quadratwurzel aus Zwiebelsuppe und rechtwinkligem Lebertran ist mit Goethes Wanderjahren verheiratet und liebt Chopin mehr als die Kniekehlen ihrer Mutter. nein
11. Mein Bart ist genau dann rosarot, wenn ich mich weniger langeweile als die Fleischstrudelsuppe meiner Großmutter. nein
12. Ich weiß, dass  $7 + 5 = 11$ . ja
13. Thales von Milet, ein ionischer Naturphilosoph, sagte die Sonnenfinsternis vom 28. März 585 v. Chr. voraus. ja
14. Der Räuber sagte: ‚Geld oder Leben!‘, und er nahm beides. vielleicht

15. Das Wetter ist heute grauenhaft, nicht wahr? vielleicht

**Erklärung:** Dieser Satz zeigt, wie schwer es manchmal ist zu bestimmen, ob ein Satz ein Aussagesatz ist.

**Fragesatz:** Wegen ‚nicht wahr?‘ wirkt er wie eine Frage.

**Rhetorische Frage:** Als rhetorische Frage könnte er eine Aussage implizieren.

**Ästhetisches Urteil:** Er enthält ein subjektives Urteil mit dem Wort ‚grauenhaft‘.

**Aussagesatz mit Wertung:** Wenn ästhetische Urteile wahr oder falsch sein könnten, wäre es ein Aussagesatz.

16. Wer andern eine Grube gräbt, fällt selbst hinein. vielleicht

17. Zwei Trichter wandeln durch die Nacht.

Durch ihres Rumpfs verengten Schacht

fließt weißes Mondlicht  
still und heiter  
auf ihren  
Waldweg  
usw.

(Morgenstern)

vermutlich nein

18. Du sollst nicht töten. nein

19. balzerig würmelte es im mannechensee  
und den weibern ward so pngstig ums heil  
zumahn: wenn ein kne-ender sie hirschelte.

(Jandl)

nein

20. Schweig, Elender! nein

21. Kleine Lügen und auch kleine  
Kinder haben kurze Beine.

(Ringelnatz)

vielleicht

22. Die Eins sind nicht nur, sondern sie erhalten sich durch ihr gegenseitiges Ausschließen. (Hegel)

dafür werde ich nicht bezahlt!

23. Wer in Wasser badet, kann nass werden. ja

24. Der April macht, was er will. vielleicht

25. Dornröschen wurde von einem wunderschönen Prinzen  
durch einen zärtlichen Kuss aus einem tiefen Schlaf erweckt.

vielleicht

26. Österreich hat sich nach dem Staatsvertrag im Jahre 1955  
durch ein Verfassungsgesetz zur Neutralität verpflichtet. ja

27. Dieses Verfassungsgesetz muss abgeschafft werden.

vielleicht

28. Dieses Lied gefällt mir besonders gut.

ja

29. 's echt cool, eh?

ja

30. Der Satz mit der Nummer 30 auf dieser Seite ist falsch.

dafür werde ich bezahlt!

**Erklärung:** Wenn Satz 30 ein Aussagesatz ist, müsste er entweder wahr oder falsch sein. Nehmen wir an, er ist wahr: Dann behauptet er seine eigene Falschheit, was zu einem Widerspruch führt. Nehmen wir an, er ist falsch: Dann wäre die Aussage, dass er falsch ist, wahr. In beiden Fällen ergibt sich ein Widerspruch.

Dies wirft die Frage auf, ob Satz 30 wirklich ein Aussagesatz ist. Die meisten philosophischen Positionen schließen die Möglichkeit aus, dass ein Satz sowohl wahr als auch falsch sein kann, aber einige Positionen wie der Dialethismus lassen dies zu. Somit bleibt es eine philosophische Frage, wie wir Satz 30 letztlich verstehen.

## 1.3 Zusätzübungen

**Zusätzübung 1.1.** Sind diese Sätze wahr oder falsch?

1. ‚Allianz Arena‘ ist eine Arena in München. [ ]
2. Allianz Arena ist keine Arena. [ ]
3. Allianz Arena und ‚Allianz Arena‘ bedeuten das Gleiche. [ ]
4. Allianz Arena und der Name von Allianz Arena bedeuten das Gleiche. [ ]
5. ‚Allianz Arena‘ und der Name von Allianz Arena bedeuten das Gleiche. [ ]
6. Allianz Arena und Allianz Arena bedeuten das Gleiche. [ ]
7. Allianz Arena und der Name von ‚Allianz Arena‘ bedeuten das Gleiche. [ ]
8. Allianz Arena und Allianz Arena haben die gleichen Zeichen. [ ]
9. ‚Allianz Arena‘ und ‚Allianz Arena‘ haben die gleichen Zeichen. [ ]
10. ‚Allianz Arena‘ ist der Name von Allianz Arena. [ ]
11. ‚Allianz Arena‘ ist ‚Allianz Arena‘. [ ]
12. Satz 10 und Satz 11 sind äquivalent. [ ]
13. Satz 10 und Satz 11 haben die gleiche Zeichenanzahl. [ ]
14. ‚Satz 10‘ und ‚Satz 11‘ sind äquivalent. [ ]
15. ‚Satz 10‘ und ‚Satz 11‘ haben die gleiche Zeichenanzahl. [ ]

### 1.3.1 Lösungen

#### Lösung zu Zusatzübung 1.1.

1. „Allianz Arena“ ist eine Arena in München. falsch
2. Allianz Arena ist keine Arena. falsch
3. Allianz Arena und „Allianz Arena“ bedeuten das Gleiche. falsch
4. Allianz Arena und der Name von Allianz Arena bedeuten das Gleiche. falsch
5. „Allianz Arena“ und der Name von Allianz Arena bedeuten das Gleiche. wahr
6. Allianz Arena und Allianz Arena bedeuten das Gleiche. falsch
7. Allianz Arena und der Name von „Allianz Arena“ bedeuten das Gleiche. falsch
8. Allianz Arena und Allianz Arena haben die gleichen Zeichen. falsch
9. „Allianz Arena“ und „Allianz Arena“ haben die gleichen Zeichen. wahr
10. „Allianz Arena“ ist der Name von Allianz Arena. wahr
11. „Allianz Arena“ ist „Allianz Arena“. wahr
12. Satz 10 und Satz 11 sind äquivalent. wahr
13. Satz 10 und Satz 11 haben die gleiche Zeichenanzahl. falsch
14. „Satz 10“ und „Satz 11“ sind äquivalent. falsch
15. „Satz 10“ und „Satz 11“ haben die gleiche Zeichenanzahl. wahr

#### Erklärung

- Sätze 1–4 sind falsch: „Allianz Arena“ ist keine Arena, sondern ein Ausdruck, der der Name der Allianz Arena ist.
- Sätze 6–8 sind falsch: Die Allianz Arena hat keine Bedeutung, da es sich nicht um einen Ausdruck handelt.

# Aussagenlogische Analyse und Repräsentierung

## 2-3

### 2-3.1 Vorbereitung

#### Einfache vs. komplexe (nicht einfache) Aussagesätze

##### Definition: Einfacher Aussagesatz

Enthält keinerlei logische Begriffe, weder aussagenlogische (z.B. Konjunktion, Disjunktion, Verneinung, usw.) noch prädikatlogische- noch Modalbegriffe (z. B. Notwendigkeit, Möglichkeit) oder andere logische Begriffe wie Kausalität, Wissen oder Glauben (siehe Seiten 66–73 des Kursskripts).

##### Beispiel

- Peter ist müde.
- Logische und Aussagenlogische Repräsentation.**  $p$   
(Enthält überhaupt keinen logischen Begriff.)

##### Definition: Komplexer (oder nicht einfacher) Aussagesatz

Enthält mindestens einen logischen Begriff, sei es ein aussagenlogische- (z. B. Konjunktion, Disjunktion, Verneinung, usw.) oder andere logische Begriffe.

##### Beispiele

- Peter ist nicht müde.  
**Aus. Repr.:**  $\neg p$
- Peter ist müde oder Peter ist nicht müde.  
**Aus. Repr.:**  $p \vee \neg p$
- Jemand ist müde.  
**Prädikatenlogische Repr.:**  $\exists x M(x)$
- Möglicherweise ist Peter müde.  
**Modallogische Repr.:**  $\Diamond p$

2-3.1 Vorbereitung . . . . .	31
2-3.2 Übungen . . . . .	34
2-3.2.1 Übungen zu Kapitel 2 . . . . .	34
2-3.2.2 Übungen zu Kapitel 3 . . . . .	35
2-3.2.3 Lösungen . . . . .	36

## Aussagenlogisch unzerlegbare vs. zerlegbare Aussagesätze

### Definition: Aussagenlogisch unzerlegbarer Aussagesatz

Kann *nicht* mit den Operatoren der klassischen Aussagenlogik (Konjunktion, Disjunktion, Verneinung, usw.) in kleinere Teilaussagen analysiert werden.

### Beispiele

- Peter ist müde.

**Logische Repr.:**  $p$

(Enthält überhaupt keinen logischen Begriff.)

- Möglicherweise ist Peter müde.

**Mod. Repr.:**  $\Diamond p$

**Aus. Repr.:**  $p$

(„Möglichkeit“ ist kein aussagenlogischer Begriff.)

- Möglicherweise: Peter ist müde oder Peter ist nicht müde.

**Mod. Repr.:**  $\Diamond(p \vee \neg p)$

**Aus. Repr.:**  $p$

( $\vee$  und  $\neg$  liegen im Skopos von  $\Diamond$ .)

### Definition: Aussagenlogisch zerlegbarer Aussagesatz

Kann mit Hilfe seiner aussagenlogischen Operationen weiter in kleinere Teilaussagen analysiert werden.

### Beispiele

- Peter ist müde oder Peter ist nicht müde.

**Aus. Repr.:**  $p \vee \neg p$

- Es ist nicht möglich, dass Peter müde ist.

**Mod. Repr.:**  $\neg\Diamond p$

**Aus. Repr.:**  $\neg p$

- Möglicherweise ist Peter müde oder möglicherweise ist Peter nicht müde.

**Mod. Repr.:**  $\Diamond p \vee \Diamond \neg p$

**Aus. Repr.:**  $p \vee q$

( $\vee$  liegt außerhalb, aber  $\neg$  liegt im Skopos von  $\Diamond$ .)

## Beispiele für alle möglichen Kombinationen

### Beispiel: Einfach und aussagenlogisch unzerlegbar

- Otto ist ein Musiker.

**Logische. Repr.:**  $p$

### Erklärung

Tatsächlich ist jeder einfache Aussagesatz auch aussagenlogisch unzerlegbar.

### Einfach und aussagenlogisch zerlegbar?

Unmöglich, da einfache Aussagesätze keine logischen Konnektoren enthalten, einschließlich aussagenlogischer Konnektoren.

### Beispiele: Komplex und aussagenlogisch unzerlegbar.

- Möglicherweise ist Otto ein Musiker.  
**Mod. Repr.:**  $\Diamond p$   
**Aus. Repr.:**  $p$
- Möglicherweise: ist Otto ein Musiker oder auch nicht.  
**Mod. Repr.:**  $\Diamond(p \vee \neg p)$   
**Aus. Repr.:**  $p$

### Beispiele: Komplex und aussagenlogisch zerlegbar

- Es ist nicht möglich, dass Otto ein Musiker ist.  
**Mod. Repr.:**  $\neg\Diamond p$   
**Aus. Repr.:**  $\neg p$
- Möglicherweise ist Otto ein Musiker oder möglicherweise ist er es nicht.  
**Mod. Repr.:**  $\Diamond p \vee \Diamond \neg p$   
**Aus. Repr.:**  $p \vee q$

### Erklärung

Tatsächlich ist jede aussagenlogisch zerlegbare Aussagesätze auch komplex.

## 2-3.2 Übungen

### 2-3.2.1 Übungen zu Kapitel 2

**Übung 2.1.** Welche Aussagesätze in Übung 1.4 sind einfach?

**Übung 2.2.** Beantworten Sie die folgenden Fragen:

1. Ist in Übung 1.4 der Satz 6 die Negation des Satzes 3?
2. Ist in Übung 1.4 der Satz 3 die Negation des Satzes ‚Herbert ist nicht glücklich und Heidi ist nicht glücklich.‘?
3. Welcher der Sätze 1–6 in Übung 1.4 ist ein Konjunktionssatz?
4. Was ist die Disjunktion der Aussagesätze ‚Heute schneit es nicht.‘ und ‚Die Straßen sind glatt.‘?
5. Was ist die Implikation der Aussagesätze ‚Herbert ist glücklich.‘ und ‚Heidi ist glücklich.‘?
6. Geben Sie die Negation dieses Satzes an!
7. Ist der Satz ‚Wenn Dieter Bohlen österreichischer Bundeskanzler ist, dann ist der Papst österreichischer Bundeskanzler‘ wahr oder falsch?

**Übung 2.3.** Welche Aussagesätze in Übung 1.4 sind unzerlegbar aber nicht einfach?

**Übung 2.4.** Welche der folgenden Aussagesätze sind aussagenlogisch unzerlegbar? Welche der aussagenlogisch unzerlegbaren Aussagesätze sind einfach?

**Übung 2.5.** Bringen Sie die folgenden Argumente in Standardform.

1. Wenn Fips eine Katze ist, dann jagt Fips gerne Mäuse. Fips jagt aber nicht gerne Mäuse. Somit ist Fips keine Katze.
2. Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips ist eine Katze. Folglich trinkt Fips gerne Milch.
3. Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips trinkt gerne Milch. Folglich ist Fips eine Katze.
4. Fips ist eine Katze. Denn: Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips trinkt gerne Milch.
5. Also ist Fips eine Katze oder er ist keine Katze.
6. Sokrates ist Philosoph und Griech. Platon ist Philosoph und Griech. Aristoteles ist Philosoph und Griech. Daher sind alle Philosophen Griechen.

### 2-3.2.2 Übungen zu Kapitel 3

**Übung 3.1.** Repräsentieren Sie die folgenden Aussagesätze:

1. Wenn Dieter Bohlen 2013 Bundeskanzler wird, dann werden die Konservativen, aber nicht die Grünen in die Regierung gehen.
2. Wenn der Täter mit dem gestohlenen Auto flüchtete, so kann er, sofern die Zollbeamten nicht wachsam waren, schon über die Grenze sein, doch wenn er nicht mit dem gestohlenen Auto flüchtete, sondern zu Fuß ging, so kann er nicht weit gekommen sein.

**Übung 3.2.1.** Repräsentieren die Aussagesätze aus Übung 1.4.

**Übung 3.2.2.** Repräsentieren die Aussagesätze aus Übung 2.4.

**Übung 3.3.** Repräsentieren Sie die Argumente aus Übung 2.5.

**Übung 3.4.** Repräsentieren Sie die folgenden Argumente:

1. Der Papst ist Deutscher. Daher tritt Österreich 2011 genau dann aus der EU aus, wenn Österreich dies tut.
2. Bad Goisern ist die Hauptstadt von Oberösterreich und Bad Goisern ist nicht die Hauptstadt von Oberösterreich. Daher existiert Gott.

### 2-3.2.3 Lösungen

**Bem.:** Bedenken Sie, dass Formalisierung keine exakte Wissenschaft ist. Aus diesem Grund sind einige der folgenden Lösungen nur eine von vielen denkbaren Möglichkeiten

**Lösung zu Übungen 2.1, 2.3 und 3.2.1.** (2.1) Welche Aussagesätze in Übung 1.4 sind einfach? (2.3) Welche Aussagesätze in Übung 1.4 sind unzerlegbar aber nicht einfach? (3.2.1) Repräsentieren die Aussagesätze aus Übung 1.4.

- Herbert und Heidi sind befreundet.

<b>Antwort 1:</b> aussagenlogisch unzerlegbar, einfach	Repr.: $p$
--	------------

<b>Zwischenformalisation:</b> Befreundet(Herbert, Heidi)	
--	--

<b>Antwort 2:</b> aus. zerlegbar, komplex	Repr.: $p \wedge q$
---	---------------------

<b>Zwisch.:</b> Freund(Herbert, Heidi) $\wedge$ Freund(Heidi, Herbert)	
--	--

- Herbert und Heidi sind beliebt.

<b>Antwort:</b> aus. zerlegbar, komplex	Repr.: $p \wedge q$
---	---------------------

<b>Zwisch.:</b> Beliebt(Herbert) $\wedge$ Beliebt(Heidi)	
--	--

- Herbert und Heidi sind beide nicht glücklich.

<b>Antwort 1:</b> aus. zerlegbar, komplex	Repr.: $\neg p$
---	-----------------

Falls ‚beide‘ als ‚zusammen‘ verstanden wird.	
---	--

<b>Zwisch.:</b> $\neg$ Glücklich(Herbert, Heidi)	
--	--

<b>Antwort 2:</b> aus. zerlegbar, komplex	Repr.: $\neg(p \wedge q)$
---	---------------------------

Falls ‚beide‘ nicht als ‚zusammen‘ verstanden wird.	
---	--

<b>Zwisch.:</b> $\neg$ Glücklich(Herbert) $\wedge$ $\neg$ Glücklich(Heidi)	
--	--

- Herbert und Heidi lieben sich.

<b>Antwort 1:</b> aus. zerlegbar, komplex	Repr.: $p \wedge q$
---	---------------------

Falls ‚sich‘ eine reflexive Bedeutung hat.	
--	--

<b>Zwisch.:</b> Liebt(Herbert, Herbert) $\wedge$ Liebt(Heidi, Heidi)	
--	--

<b>Antwort 2</b>
------------------

Falls ‚sich‘ eine nicht-reflexive Bedeutung hat, ist die Antwort wie im Satz 5.	
---	--

5. Herbert und Heidi lieben einander.

**Antwort 1:** aus. zerlegbar, komplex

Repr.:  $p \wedge q$

Falls wir das Prädikat ‚Liebt‘ benutzen möchten.

**Zwisch.:** Liebt(Herbert, Heidi)  $\wedge$  Liebt(Heidi, Herbert)

**Antwort 2:** aus. unzerlegbar, einfach

Repr.:  $p$

Falls wir das Prädikat ‚Einander\_Lieben‘ einführen möchten.

**Zwisch.:** Einander\_Lieben(Herbert, Heidi)

6. Es ist nicht der Fall, dass Herbert und Heidi beide nicht glücklich sind.

**Antwort 1:** aus. zerlegbar, komplex

Repr.:  $\neg\neg p$

Falls ‚beide‘ als ‚zusammen‘ verstanden wird.

**Zwisch.:**  $\neg\neg$ Glücklich(Herbert, Heidi)

**Bem.:**  $\neg\neg p$  ist logisch äquivalent zu der Formel  $p$ , die einfach ist.  $\neg\neg p$  selbst ist jedoch komplex.

**Antwort 2:** aus. zerlegbar, komplex

Repr.:  $\neg\neg(p \wedge q)$

Falls ‚beide‘ nicht als ‚zusammen‘ verstanden wird.

**Zwisch.:**  $\neg(\neg\text{Glücklich}(\text{Herbert}) \wedge \neg\text{Glücklich}(\text{Heidi}))$

8. Wenn Herbert in die Stadt gefahren ist, so sitzt er sicherlich bereits in seinem Büro.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

Repr.:  $p \rightarrow q$

**Zwisch.:** Gefahren(Herbert, die Stadt)  $\rightarrow$  Sitzt(Herbert, Büro)

12. Ich weiß, dass  $7 + 5 = 11$ .

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

Repr.:  $p$

**Zwisch.:**  $K_{ich}(7 + 5 = 11)$

**Bem.:**  $K_x$  bezeichnet den epistemisch-logischen Operator ‚ $x$  weiß‘.

13. Thales von Milet, ein ionischer Naturphilosoph, sagte die Sonnenfinsternis vom 28. März 585 v. Chr. voraus.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Zwisch.:** Ionischer(Thales)  $\wedge$  Naturphilosoph(Thales)  $\wedge$  Voraussagte(Thales, die Sonnenfinsternis vom 28. März 585 v. Chr.)

**Repr. 1:**  $(p \wedge q) \wedge r$

**Repr. 2:**  $p \wedge (q \wedge r)$

14. Der Räuber sagte: ‚Geld oder Leben!‘, und er nahm beides.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Zwisch.:** Sagte(Räuber, ‚Geld oder Leben!‘)  $\wedge$  Nahm(Räuber, Geld)  $\wedge$  Nahm(Räuber, Leben)

**Repr. 1:**  $(p \wedge q) \wedge r$

**Repr. 2:**  $p \wedge (q \wedge r)$

18. Du sollst nicht töten.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:**  $O\neg(Du \text{ tötest})$

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Repr.:**  $\neg p$

**Zwisch.:**  $\neg O(Du \text{ tötest})$

21. Kleine Lügen und auch kleine Kinder haben kurze Beine.  
(Ringelnatz)

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p \wedge q$

Falls der Satz wörtlich interpretiert wird.

**Zwisch.:** Für alle  $x$  ( $\text{Klein\_Kind}(x) \rightarrow \text{Kleine\_Beine}(x)$ )  $\wedge$  Für alle  $x$  ( $\text{Kleine\_Lüge}(x) \rightarrow \text{Kleine\_Beine}(x)$ )

23. Wer in Wasser badet, kann nass werden.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Für alle  $x$  ( $\text{Badet}(x, \text{Wasser}) \rightarrow \diamond \text{Nass\_Werden}(x)$ )

24. Der April macht, was er will.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

Falls der Satz in dem Sinne interpretiert wird, dass sich das Klima im April unvorhersehbar verhält.

**Zwisch.:** Für alle  $x$  ( $\text{Klima\_von}(x, \text{April}) \rightarrow \text{Unvorhersehbar}(x)$ )

**Bem.:**  $\text{,Klima\_von}(x, y)$ ' bedeutet  $x$  ist das Klima von  $y$ .

25. Dornröschen wurde von einem wunderschönen Prinzen durch einen zärtlichen Kuss aus einem tiefen Schlaf erweckt.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Erweckt\_aus(Dornröschen, tiefer Schlaf), weil Ge-küsst\_von(Dornröschen, Prinz)

26. Österreich hat sich nach dem Staatsvertrag im Jahre 1955 durch ein Verfassungsgesetz zur Neutralität verpflichtet.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, einfach

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Verpflichtet\_zu\_durch\_nacht(Österreich, Neutralität, Verfassungsgesetz, Staatsvertrag im Jahre 1955)

27. Dieses Verfassungsgesetz muss abgeschafft werden.

**Bem.:**  $O$ ' bezeichnet den Modalope-rator 'sollen'.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

**Zwisch. 1:**  $\square$ Abschaffen(dieses Verfassungsgesetz)

**Zwisch. 2:**  $O$ Abschaffen(dieses Verfassungsgesetz)

28. Dieses Lied gefällt mir besonders gut.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, einfache

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Gefällt(mir, dieses Lied)

29. 's echt cool, eh?

**Antwort:** aus. unzerlegbar, einfache

**Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Echt\_Cool(es)

**Bem.:** Falls es im Kontext klar ist, was 'es' ist.

30. Der Satz mit der Nummer 30 auf dieser Seite ist falsch.

**Antwort:** aus. unzerlegbar?, komplex?

**Zwisch.:** Falsch(Falsch(Falsch(...Falsch(...)...)))

**Repr.:** Gibt es nicht.

### Erklärung

Unmöglich in der Aussagenlogik zu formalisieren. Das Nahe-liegendste, was wir tun können, ist das Folgende:

$$p \leftrightarrow \neg p.$$

Da diese Formel aber keine hinreichende Formalisierung des Satzes 30 ist, können wir nicht sagen, dass Satz 30 aussagenlogisch zerlegbar ist. Man könnte argumentieren, dass er komplex ist, da das Falschheitsprädikat angeblich ein logischer Begriff ist. Diese Überlegung wäre zu beachten, wenn wir davon ausgehen, dass Satz 30 ein Aussagesatz ist.

**Lösung zu Übung 2.2.** Beantworten Sie die folgenden Fragen:

1. Ist in Übung 1.4 der Satz 6 die Negation des Satzes 3? ja

### Bemerkung

Es ist jedoch zu beachten, dass die Sätze 3 und 6 zwei mögliche Formalisierungen haben. Die entsprechenden Formalisierungen dieser Sätze sind Negationen des jeweils anderen.

2. Ist in Übung 1.4 der Satz 3 die Negation des Satzes ‚Herbert ist nicht glücklich und Heidi ist nicht glücklich.‘? nein

### Bemerkung

Die Formalisierung von ‚Herbert ist nicht glücklich und Heidi ist nicht glücklich‘ ist  $\neg p \wedge \neg q$ , was mit keiner der möglichen Formalisierungen von Satz 3 äquivalent ist.

3. Welcher der Sätze 1 bis 6 in Übung 1.4 ist ein Konjunktionssatz?

**Antwort:** 2, 3 und 5 (in einer Deutung).

#### Bemerkung

Eine Interpretation von 6, d.h.  $\neg\neg(p \wedge q)$  ist äquivalent zu einem Konjunktionssatz, aber selbst bei dieser Interpretation ist Satz 6 kein Konjunktionssatz.

4. Was ist die Disjunktion der Aussagesätze ‚Heute schneit es nicht.‘ und ‚Die Straßen sind glatt.‘?

**Antwort:** Heute schneit es nicht oder die Straßen sind glatt.

5. Was ist die Implikation der Aussagesätze ‚Herbert ist glücklich.‘ und ‚Heidi ist glücklich‘?

**Antwort:** Wenn Herber glücklich ist, ist Heidi glücklich.

6. Geben Sie die Negation dieses Satzes an!

**Antwort:** Geben Sie nicht die Negation dieses Satzes an!

7. Ist der Satz ‚Wenn Dieter Bohlen österreichischer Bundeskanzler ist, dann ist der Papst österreichischer Bundeskanzler‘ wahr oder falsch?

falsch

#### Erklärung

Die Formalisierung dieses Satzes ist  $p \rightarrow q$ , was keine Tautologie ist.

**Lösung zu Übungen 2.4 und 3.2.2.** (2.4) Welche der folgenden Aussagesätze sind aussagenlogisch unzerlegbar? Welche der aussagenlogisch unzerlegbaren Aussagesätze sind einfach? (3.2.2) Repräsentieren Sei die Argumente aus Übung 2.4

- Heute regnet es in Salzburg.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, einfach	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> Regnet(Salzburg, heute)
---

- In Salzburg regnet es fast immer.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, komplex	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> Für fast alle $x$ Regnet(Salzburg, $x$ )
--

#### Erklärung

,Regnet( $x, y$ )' bedeutet es regnet am Ort $x$ zur Zeit $y$ .
---

- Wenn es in Salzburg nicht regnet, dann hagelt's, stürmt's oder schneit's.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, komplex	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> Für alle $y$ ( $\neg$ Regnet(Salzburg, $y$ ) → Hagelt(Salzburg, $y$ ) ∨ Stürmt(Salzburg, $y$ ) ∨ Schneit(Salzburg, $y$ ))
---

#### Erklärung

Die Prädikate ,Hagelt( $x, y$ )', ,Stürmt( $x, y$ )' und ,Schneit( $x, y$ )' haben analoge Bedeutungen wie ,Regnet( $x, y$ )'.
--

- Dieter Bohlen soll Absichten haben, in absehbarer Zeit Bundeskanzler zu werden.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, komplex	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> S(Absicht(Dieter Bohlen, Bundeskanzler, absehbar))
--

#### Erklärung

► ,Absicht( $x, y, z$ )' bedeutet $x$ hat Absichten $y$ zu werden zur Zeit $z$ .
--

► ,S' bezeichnet den Modaloperator ,sollen'.
--

5. Das englische Wort ‚mind‘ kann nicht ins Deutsche übersetzt werden.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Repr.:**  $\neg p$

**Zwisch. 1:**  $\neg \text{Übersetzbare}_{\text{aus\_ins}}(\text{mind}', \text{Englisch}, \text{Deutsch})$

**Zwisch. 2:**  $\neg (\text{Es gibt ein } x \text{ Übersetzung}_{\text{aus\_von}}(x, \text{mind}', \text{Englisch}, \text{Deutsch}))$

**Zwisch. 3:**  $\neg \diamond \text{Übersetzen}_{\text{aus\_ins}}(\text{mind}', \text{Englisch}, \text{Deutsch})$

6. Wenn ich mir morgen mein linkes Schuhband zuerst zubinde, dann wird Hermann Maier der nächste Bundespräsident von Österreich.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p \rightarrow q$

**Zwisch.:** Zubinden(ich, linkes Schuhband, zuerst, morgen)  $\rightarrow$

Nächster\_Bundespräsident(Hermann Maier, Österreich)

7. Mit dem Beitritt zur EU hat es in Österreich einen gewaltigen wirtschaftlichen Aufschwung gegeben.

**Antwort 1:** aus. unzerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p$

Wenn als Kausalsatz interpretiert wird.

**Zwisch.:** Wirtschaftliche\_Aufschwung(Österreich,  $t$ ), weil Beitreten(Österreich, EU,  $t$ )

**Antwort 2:** aus. zerlegbar, komplex

**Repr.:**  $p \wedge q$

Wenn nicht als Kausalsatz interpretiert wird.

**Zwisch.:** Beitreten(Österreich, EU,  $t$ )  $\wedge$  Wirtschaftliche\_Aufschwung(Österreich,  $t$ )

### Erklärung

, $t$ ' ist eine Konstante, die ein bestimmter Zeitpunkt bezeichnet.

8. Wäre Österreich nicht der EU beigetreten, hätten wir wohl weniger Sorgen mit dem Euro.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, komplex	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> $\neg \text{Beitreten}(\text{Österreich}, \text{EU}) \rightarrow \text{Sorgen\_haben\_{mit(weniger, Euro)}}$
--

#### Erklärung

- $\rightarrow$  bezeichnet die kontrafaktische Implikation.
- Die Negation  $\neg$  betrifft nur  $\text{Beitreten}(\text{Österreich}, \text{EU})$  und nicht den gesamten kontrafaktischen Satz.

9. Der Österreicher ist eigentlich ein Freund fremder Kulturen, auch wenn er nicht zu viele Ausländer in seiner Heimat sehen möchte.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, einfach	Repr.: $p$
---	------------

<b>Zwisch.:</b> Für alle $x$ ( $\text{Österreicher}(x) \rightarrow$ für alle $y$ ( $\text{Kultur}(y)$ $\wedge$ $\text{Fremd}(y) \rightarrow \text{Freund\_von}(x, y)$ ) $\wedge$ es gibt ein $y$ ( $\text{Ausländer}(y) \wedge \neg \text{Möchte\_in}(x, y, \text{Heimat})$ ))
--

<b>Erklärung:</b> Siehe Abschnitt 3.1, Beispiel 3 im Kursskript.
--

10. Sir Karl Popper und Theodor W. Adorno sind beide Philosophen, aber sie können einander nicht besonders gut leiden.

<b>Antwort:</b> aus. zerlegbar, komplex
---

<b>Zwisch.:</b> $\text{Philosoph}(\text{Popper}) \wedge \text{Philosoph}(\text{Adorno}) \wedge \neg \text{Leiden\_{besonders\_gut}}(\text{Popper}, \text{Adorno})$
--

<b>Repr.:</b> $p \wedge q \wedge \neg r - \text{d.h., } (p \wedge q \wedge \neg r) \vee (p \wedge \neg q \wedge r) \vee (\neg p \wedge q \wedge r)$
---

11. Zum Mittagessen gibt es Wiener Schnitzel mit Salat, Schweinsbraten mit Knödel oder Kasnocken.

<b>Antwort:</b> aus. zerlegbar, komplex
---

<b>Zwisch.:</b> $\text{Zum\_Mittagessen}(\text{Wiener Schnitzel mit Salat}) \vee \text{Zum\_Mittagessen}(\text{Schweinsbraten mit Knödel}) \vee \text{Zum\_Mittagessen}(\text{Kasnocken})$
--

<b>Repr.:</b> $p \vee q \vee r - \text{d.h., } (p \vee q \vee r) \vee (p \wedge \neg q \wedge \neg r) \vee (\neg p \wedge q \wedge \neg r) \vee (\neg p \wedge \neg q \wedge r)$
--

12. Einige bedeutende Österreicher stammen aus Böhmen oder Mähren.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, komplex      **Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Es gibt zumindest ein  $x$ , sodass  $(\text{Österreicher}(x) \wedge \text{Bedeutender}(x) \wedge (\text{Stammt\_aus}(x, \text{Böhmen}) \vee \text{Stammt\_aus}(x, \text{Mähren})))$

13. Nächstes Jahr kommt der Präsident der USA nach Österreich.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, einfach      **Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Kommt\_nach(Präsident der USA, Österreich, nächstes Jahr)

14. Silber glänzt, Gold erst recht.

**Antwort:** aus. zerlegbar, komplex      **Repr.:**  $p \wedge q$

**Zwisch.:**  $\text{glänzen}(\text{Silber}) > 0 \wedge (\text{glänzen}(\text{Gold}) > \text{glänzen}(\text{Silber}))$

### Erklärung

- „ $>$ “ bezeichnet ‚größer als‘, und ‚ $\text{glanz}(x)$ ‘ ist eine Funktion, die den Glanzwert eines Metalls angibt, z. B. als Zahlenwert. Beachten Sie, dass ‚ $\text{glänzen}(\text{Gold}) > \text{glänzen}(\text{Silber})$ ‘ nicht ausreichen würde, um diesen Satz auszudrücken, da es möglich ist, dass  $\text{glänzen}(\text{Silber}) = 0$ .
- Nach Gottlob Frege waren Funktionen und Ordnung (d.h.  $>, <, \geq, \leq$ ) logische Begriffe.

15. Tirol ist in einen nördlichen, einen südlichen und einen östlichen Teil aufgeteilt.

**Antwort:** aus. unzerlegbar, einfach      **Repr.:**  $p$

**Zwisch.:** Aufgeteilt\_in(Tirol, nördlichen Teil, südlichen Teil, östlichen Teil)

16. Jeder Junggeselle ist männlich und unverheiratet, ohne dabei gleich ein Priester zu sein.

<b>Antwort:</b> aus. unzerlegbar, komplex	<b>Repr.:</b> $p$
<b>Zwisch.:</b> Für alle $x$ ( $\text{Junggeselle}(x) \rightarrow (\text{Männlich}(x) \wedge \neg\text{Verheiratet}(x) \wedge \neg\text{Priester}(x))$ )	

17. Alle Studenten lernen Logik, obgleich nicht alle Studenten dies mit Begeisterung tun.

<b>Antwort:</b> aus. zerlegbar, komplex	<b>Repr.:</b> $p \wedge \neg q$
<b>Zwisch.:</b> Für alle $x$ ( $\text{Student}(x) \rightarrow (\text{Lernt}(x, \text{Logik}) \wedge \neg(\text{Lernt\_mit}(x, \text{Logik}, \text{Begeisterung}))$ )	

18. Wenn das mit der Politik so weiter geht, dann werden sich Situationen wiederholen, die wir uns alle nicht wünschen.

<b>Antwort:</b> aus. zerlegbar, komplex	<b>Repr.:</b> $p \rightarrow q$
<b>Zwisch.:</b> $\text{Weiter\_gehen}(\text{Politik}) \rightarrow (\exists x (\text{Situation}(x) \wedge \text{Wiederholt}(x) \wedge \forall y \neg\text{Wünscht}(y, x)))$	

**Lösung zu Übung 3.1** Repräsentieren Sie die folgenden Aussagesätze:

1. Wenn Dieter Bohlen 2013 Bundeskanzler wird, dann werden die Konservativen, aber nicht die Grünen in die Regierung gehen.

**Antwort:**  $p \rightarrow (q \wedge \neg r)$

- ▶ „ $p$ “ bezeichnet ‚Dieter Bohlen wird 2013 Bundeskanzler.‘
- ▶ „ $q$ “ bezeichnet ‚Die Konservativen werden in die Regierung gehen.‘
- ▶ „ $r$ “ bezeichnet ‚Die Grünen werden in die Regierung gehen.‘

2. Wenn der Täter mit dem gestohlenen Auto flüchtete, so kann er, sofern die Zollbeamten nicht wachsam waren, schon über die Grenze sein, doch wenn er nicht mit dem gestohlenen Auto flüchtete, sondern zu Fuß ging, so kann er nicht weit gekommen sein.

**Antwort 1:**  $(p \rightarrow (\neg q \rightarrow r)) \wedge ((\neg p \wedge s) \rightarrow \neg t)$

- ▶ „ $p$ “ bezeichnet ‚Der Täter mit dem gestohlenen Auto flüchtete.‘
- ▶ „ $q$ “ bezeichnet ‚Die Zollbeamten waren wachsam.‘
- ▶ „ $r$ “ bezeichnet ‚Der Täter kann schon über die Grenze sein.‘
- ▶ „ $s$ “ bezeichnet ‚Der Täter ging zu Fuß.‘
- ▶ „ $t$ “ bezeichnet ‚Der Täter kann weit gekommen sein.‘

**Antwort 2:**  $(p \rightarrow q) \wedge ((\neg p \wedge s) \rightarrow \neg t)$

- ▶ „ $p$ “ bezeichnet ‚Der Täter mit dem gestohlenen Auto flüchtete.‘
- ▶ „ $q$ “ bezeichnet ‚Es ist möglich, dass: wenn die Zollbeamten nicht wachsam waren, dann ist der Täter schon über der Grenze.‘
- ▶ „ $s$ “ bezeichnet ‚Der Täter ging zu Fuß.‘
- ▶ „ $t$ “ bezeichnet ‚Der Täter kann weit gekommen sein.‘

**Lösung zu Übungen 2.5 und 3.3** (2.5) Bringen Sie die folgenden Argumente in Standardform. (3.3) Repräsentieren Sie die Argumente aus Übung 2.5.

1. Wenn Fips eine Katze ist, dann jagt Fips gerne Mause. Fips jagt aber nicht gerne Mause. Somit ist Fips keine Katze.

#### Antwort

##### Standardform.

Wenn Fips eine Katze ist, dann jagt Fips gerne Mause.  
Fips jagt aber nicht gerne Mause.

---

Daher: Fips ist keine Katze.

**Repr.**  $p \rightarrow q, \neg q \therefore \neg p$

#### Bemerkung

Dies entspricht der Regel des Modus Tollens.

2. Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips ist eine Katze. Folglich trinkt Fips gerne Milch.

#### Antwort

##### Stand.

Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch.  
Fips ist eine Katze.

---

Daher: Fips trinkt gerne Milch.

**Repr.**  $p \rightarrow q, p \therefore q$

#### Bemerkung

Dies entspricht der Regel des Modus Ponens.

3. Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips trinkt gerne Milch. Folglich ist Fips eine Katze.

**Antwort****Stand.**

Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch.

Fips trinkt gerne Milch.

---

Daher: Fips ist eine Katze.

**Repr.**  $p \rightarrow q, q \therefore p$

**Bemerkung**

Dies ist die (ungültige) Argumentform des Modus Morons.

4. Fips ist eine Katze. Denn: Wenn Fips eine Katze ist, dann trinkt Fips gerne Milch. Fips trinkt gerne Milch.

**Antwort:** Wie im Argument 3.

**Bemerkung**

Die Konklusion des Arguments wird gleich zu Beginn genannt.

5. Also ist Fips eine Katze oder er ist keine Katze.

**Antwort****Stand.**


---

Daher: Fips ist eine Katze oder er ist keine Katze.

**Repr.**  $\therefore p \vee \neg p$

**Bemerkung**

Dies ist ein Argument ohne Prämissen.

6. Sokrates ist Philosoph und Griechen. Platon ist Philosoph und Griechen. Aristoteles ist Philosoph und Griechen. Daher sind alle Philosophen Griechen.

**Antwort****Stand.**

Sokrates ist Philosoph und Griechen.

Platon ist Philosoph und Griechen.

Aristoteles ist Philosoph und Griechen.

Daher: Alle Philosophen sind Griechen.

**Repr.**  $p_1 \wedge p_2, q_1 \wedge q_2, r_1 \wedge r_2 \therefore s$ 

**Lösung zu Übung 3.4** Repräsentieren Sie die folgenden Argumente:

1. Der Papst ist Deutscher. Daher tritt Österreich 2011 genau dann aus der EU aus, wenn Österreich dies tut.

**Antwort:**  $p \therefore q \leftrightarrow q$ 

2. Bad Goisern ist die Hauptstadt von Oberösterreich und Bad Goisern ist nicht die Hauptstadt von Oberösterreich. Daher existiert Gott.

**Antwort 1:**  $p \wedge \neg p \therefore q$ **Antwort 2:**  $p, \neg p \therefore q$ **Erklärung**

Da die Prämisse als Konjunktion und nicht als zwei separate Prämissen erscheint, ist die alternative Antwort nicht so gut wie die erste.

# 4

## Die aussagenlogische Sprache

### 4.1 Übungen

4.1 Übungen . . . . .	51
4.2 Lösungen . . . . .	53

**Übung 4.1.** Welche der folgenden Zeichenfolgen sind aussagenlogische Formeln? Beachten Sie dabei, daß wir in dieser Übung keine Klammerersparnisregeln gelten lassen wollen. Genaue Klammerersetzung ist also wichtig.

1.  $p \wedge q \vee r$
2.  $((p \wedge q) \vee r))$
3.  $((p \wedge q) \vee r)$
4.  $(\neg(p \vee q) \rightarrow r)$
5.  $\neg((p \vee q) \rightarrow r)$
6.  $((p \vee q) \Rightarrow p)$
7.  $((\neg p \vee q) \rightarrow r)$
8.  $\neg((P \vee Q) \rightarrow R)$
9.  $((p \rightarrow \neg p) \rightarrow \neg p)$
10.  $(\neg\neg\neg\neg\neg r \rightarrow (p \vee q))$
11.  $p \leftrightarrow q$
12.  $((p \rightarrow q) \wedge \neg(\neg q \rightarrow \neg p))$
13.  $((p \rightarrow (q \rightarrow r) \rightarrow p))$
14.  $(p \rightarrow (q \rightarrow (r \rightarrow (s \rightarrow t))))$
15.  $((p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow ((p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow r)))$
16.  $\neg(\neg\neg((\neg((p_{12} \vee \neg p_9) \wedge p_8) \vee p_7) \rightarrow p_6) \leftrightarrow (p_5 \vee \neg\neg p_{13}))$
17.  $((p \wedge q) \rightarrow \neg(s))$

**Übung 4.2.** Welche der folgenden Zeichenfolgen sind aussagenlogische Argumentformen?

1.  $p, (p \rightarrow q) \therefore p, q$
2.  $\therefore (p \vee \neg p)$
3.  $(q \wedge r \vee s), (r) \therefore \neg(\neg(q))$
4.  $(q \rightarrow r), \neg r \therefore (\neg q \vee s)$
5.  $p, p, p, p, p \therefore p$
6.  $(q \wedge \neg q) \therefore$
7.  $p \neg q \therefore r$

**Übung 4.3.** Wenden Sie die beiden Klammerersparnisregeln auf die Formeln aus der Übung 4.1 an.

**Übung 4.4.** Setzen Sie in den folgenden Zeichenfolgen die Klammern, die den beiden Klammerersparnisregeln zum Opfer gefallen sind (kehren Sie also die Anwendung der Klammerersparnisregeln um).

1.  $p \vee q$
2.  $p \wedge q \rightarrow r$
3.  $p \rightarrow q \vee r$
4.  $p \vee q \rightarrow (p \wedge r) \vee \neg s$
5.  $\neg p \vee (q \wedge \neg r) \rightarrow \neg(p \vee \neg s) \vee \neg(q \rightarrow s)$

**Übung 4.5.** In welchen der folgenden Zeichenreihen wurden die beiden Klammerersparnisregeln korrekt angewendet?

1.  $p \rightarrow q \rightarrow r$
2.  $p \vee q \rightarrow r \wedge s$
3.  $p \wedge q \wedge r \rightarrow s$
4.  $p \vee q \rightarrow r \vee q \wedge p$
5.  $p \rightarrow (q \rightarrow r) \vee s \rightarrow q$

## 4.2 Lösungen

**Lösung zu Übungen 4.1 und 4.3.** (4.1) Welche der folgenden Zeichenfolgen sind aussagenlogische Formeln? Beachten Sie dabei, daß wir in dieser Übung keine Klammerersparnisregeln gelten lassen wollen. Genaue Klammersetzung ist also wichtig. (4.3) Wenden Sie die beiden Klammerersparnisregeln auf die Formeln aus der Übung 4.1 an.

1.  $p \wedge q \vee r$  keine aussagenlogische Formel

### Erklärung

Nicht klar, ob  $(p \wedge q) \vee r'$  oder  $p \wedge (q \vee r)'$  gemeint wird.

2.  $((p \wedge q) \vee r))$  keine aus. Formel  
 3.  $((p \wedge q) \vee r)$  aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $(p \wedge q) \vee r$

4.  $\neg(p \vee q) \rightarrow r)$  aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $\neg(p \vee q) \rightarrow r$

5.  $\neg((p \vee q) \rightarrow r)$  aus. Formel

**Entklammerte Formel:** Wie das Original.

6.  $((p \vee q) \Rightarrow p)$  keine aus. Formel  
 7.  $((\neg p \vee q) \rightarrow r)$  aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $\neg p \vee q \rightarrow r$

8.  $\neg((P \vee Q) \rightarrow R)$  keine aus. Formel

### Erklärung

Großbuchstaben sind Metavariablen, aber keine Aussagenvariablen unserer Objektsprache.

9.  $((p \rightarrow \neg p) \rightarrow \neg p)$  aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $(p \rightarrow \neg p) \rightarrow \neg p$

10.  $(\neg\neg\neg\neg r \rightarrow (p \vee q))$

aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $\neg\neg\neg\neg r \rightarrow p \vee q$ 

11.  $p \leftrightarrow q$

keine aus. Formel

**Erklärung**

In dieser Formel fehlen die äußereren Klammern. Die korrekte Formel wäre  $((p \leftrightarrow q))'$ , deren entklammerte Version die fragliche Formel wäre.

12.  $((p \rightarrow q) \wedge \neg(\neg q \rightarrow \neg p))$

aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $(p \rightarrow q) \wedge \neg(\neg q \rightarrow \neg p)$ 

13.  $((p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow p))$

keine aus. Formel

14.  $(p \rightarrow (q \rightarrow (r \rightarrow (s \rightarrow t))))$

aus. Formel

**Entklammerte Formel:**  $p \rightarrow (q \rightarrow (r \rightarrow (s \rightarrow t)))$ 

15.  $((p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow ((p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow r)))$

aus. Formel

**Entklammerte Formel:**

$$((p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow ((p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow r)))$$

16.  $\neg(\neg\neg(\neg((p_{12} \vee \neg p_9) \wedge p_8) \vee p_7) \rightarrow p_6) \leftrightarrow (p_5 \vee \neg\neg p_{13}))$

aus. Formel

**Entklammerte Formel:**

$$\neg(\neg\neg(\neg((p_{12} \vee \neg p_9) \wedge p_8) \vee p_7) \rightarrow p_6) \leftrightarrow p_5 \vee \neg\neg p_{13})$$

17.  $((p \wedge q) \rightarrow \neg(s))$

keine aus. Formel

**Erklärung**

Aussagenvariablen stehen nie zwischen Klammern.

**Lösung zu Übung 4.2.** Welche der folgenden Zeichenfolgen sind aussagenlogische Argumentformen?

1.  $p, (p \rightarrow q) \therefore p, q$  keine aus. Argumentform

#### Erklärung

Argumente haben mindestens und höchstens eine Konklusion.

2.  $\therefore (p \vee \neg p)$  aus. Argumentform

3.  $(q \wedge r \vee s), (r) \therefore \neg(\neg(q))$  keine aus. Argumentform

4.  $(q \rightarrow r), \neg r \therefore (\neg q \vee s)$  aus. Argumentform

5.  $p, p, p, p, p \therefore p$  aus. Argumentform

#### Erklärung

Ein Argument, selbst ein gültiges, kann überflüssige Prämissen haben.

6.  $(q \wedge \neg q) \therefore$  keine aus. Argumentform

**Erklärung:** Wie in 1.

7.  $p \neg q \therefore r$  keine aus. Argumentform

#### Erklärung

$, p \neg q'$  ist keine aussagenlogische Formel. Was wurde gemeint?  $, p, \neg q \therefore r'$ ,  $, p \wedge \neg q \therefore r'$ ,  $, p \vee \neg q \therefore r'$ , ...?

**Lösung zu Übung 4.4** Setzen Sie in den folgenden Zeichenfolgen die Klammern, die den beiden Klammerersparnisregeln zum Opfer gefallen sind (kehren Sie also die Anwendung der Klammerersparnisregeln um).

1.  $p \vee q$

**Antwort:**  $(p \vee q)$

2.  $p \wedge q \rightarrow r$

**Antwort:**  $((p \wedge q) \rightarrow r)$

3.  $p \rightarrow q \vee r$

**Antwort:**  $(p \rightarrow (q \vee r))$

4.  $p \vee q \rightarrow (p \wedge r) \vee \neg s$

**Antwort:**  $((p \vee q) \rightarrow ((p \wedge r) \vee \neg s))$

5.  $\neg p \vee (q \wedge \neg r) \rightarrow \neg(p \vee \neg s) \vee \neg(q \rightarrow s)$

**Antwort:**  $((\neg p \vee (q \wedge \neg r)) \rightarrow (\neg(p \vee \neg s) \vee \neg(q \rightarrow s)))$

**Lösung zu Übung 4.5** In welchen der folgenden Zeichenreihen wurden die beiden Klammerersparnisregeln korrekt angewendet?

1.  $p \rightarrow q \rightarrow r$

nicht korrekt

2.  $p \vee q \rightarrow r \wedge s$

korrekt

**Ursprüngliche Formel:**  $((p \vee q) \rightarrow (r \wedge s))$

3.  $p \wedge q \wedge r \rightarrow s$

nicht korrekt<sup>1</sup>

4.  $p \vee q \rightarrow r \vee q \wedge p$

nicht korrekt

5.  $p \rightarrow (q \rightarrow r) \vee s \rightarrow q$

nicht korrekt

- 1: Es wäre jedoch kein Problem, eine Regel für das Weglassen von Klammern zwischen Konjunktionssätzen einzufügen. Dasselbe gilt für Disjunktions- und Äquivalenzsätze.

# 5

## Die aussagenlogische Semantik

### 5.1 Vorbereitung

#### 5.1.1 Erstellung einer Wahrheitstafel

Lass uns erinnern, die im Skript beschriebenen Regeln zur Erstellung einer Wahrheitstafel für eine beliebige Formel  $A$ .

**Schritt 1:** *Man stelle fest, welche verschiedenen Aussagenvariablen in  $A$  vorkommen, und schreibe diese Aussagenvariablen in der Reihenfolge ihres Vorkommens im Alphabet in eine Reihe.*

**Schritt 2:** *Daneben schreibe man die zu bewertende Formel an.*

**Schritt 3:** Handelt es sich um  $n$  verschiedene Aussagenvariablen, so gibt es  $2^n$  verschiedene Möglichkeiten, die Wahrheitswerte auf die Aussagenvariablen von  $A$  zu verteilen. *Man schreibe also in  $2^n$  Zeilen die möglichen Wahrheitswerte unter die Aussagenvariablen, und zwar so:*

- (a) *In der Spalte unter der ersten Aussagenvariable alternieren Folgen von **ws** und **fs**, wobei jede dieser Folgen die Länge  $\frac{2^n}{2}$  hat.*
- (b) *In der Spalte unter der zweiten Aussagenvariable alternieren wiederum Folgen von **ws** und **fs**, wobei jede dieser Folgen die Länge  $\frac{2^n}{4}$  hat.*
- (c) *Allgemein stehen in der Spalte unter der  $k$ -ten Aussagenvariable alternierend Folgen von **ws** und **fs**, wobei jede dieser Folgen die Länge  $\frac{2^n}{2^k}$  besitzt.*

**Schritt 4:** *Man berechne von innen nach außen die Wahrheitswerte für die Teiformeln von  $A$  und schließlich für die gesamte Formel  $A$  selbst. Unter dem Hauptjunktor von  $A$  lässt sich die Bewertung von  $A$  ablesen.*

5.1 Vorbereitung . . . . .	57
5.1.1 Erstellung einer Wahrheitstafel . . . . .	57
5.1.2 Gültigkeit von Argumenten mit Wahrheitstabellen . . . . .	59
5.1.3 Vorgehensweise für einen informellen Beweis . . . . .	61
5.1.4 Lösungen . . . . .	64
5.2 Übungen . . . . .	70
5.2.1 Lösungen . . . . .	73
5.3 Zusatzübungen . . . . .	86
5.3.1 Lösungen . . . . .	87

**Beispiel:**  $(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$

kontingent

**Schritt 1:**

$p$	$q$	$\parallel$
-----	-----	-------------

**Schritt 2:**

$p$	$q$	$\parallel$	$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$
-----	-----	-------------	--

**Schritt 3:**

$p$	$q$	$\parallel$	$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$
w	w		
w	f		
f	w		
f	f	$\parallel$	

**Schritt 4:** ①

$p$	$q$	$\parallel$	$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$
w	w		w
w	f		w
f	w		f
f	f	$\parallel$	w

②

$p$	$q$	$\parallel$	$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$
w	w		w w w
w	f		f f w
f	w		w f f
f	f	$\parallel$	w w w

**Zusammenfassung:** Die Pfeile zeigen die Spalten an, deren Wahrheitswerte in der Zielspalte ausgewertet werden. ,①', ,②', ... geben an, in welchem Teilschritt (von Schritt 4) die jeweilige Spalte ausgefüllt wurde. ,①', ,②', ... geben an, die letzte Teilschritt.

$p$	$q$	$\parallel$	$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$
w	w		w
w	f		w
f	w		w
f	f		w

**Aktivierungselement 5.1.** Stellen Sie mit Hilfe von Wahrheitstafeln fest, welche der folgenden Formeln tautologisch, kontradiktiorisch bzw. kontingent sind.

1.  $p \wedge \neg p$
2.  $p \wedge \neg p \rightarrow q$
3.  $q \rightarrow p \wedge \neg p$
4.  $p \vee \neg p$
5.  $p \vee \neg p \rightarrow q$
6.  $q \rightarrow p \vee \neg p$

Lösungen auf Seite 64.

### 5.1.2 Gültigkeit von Argumenten mit Wahrheitstabellen

Die Vorgehensweise zum Beweis der Gültigkeit von Argumenten mit Wahrheitstabellen besteht aus folgenden Schritten:

**Schritt 1:** Erstellen Sie eine Wahrheitstabelle für jede Prämisse sowie für die Konklusion. Konstruieren Sie jede Tabelle so, als ob alle Aussagenvariablen in jeder Formel vorhanden wären.<sup>1</sup>

1: Siehe z.B. Prämisse 1 im Argument 1.

**Schritt 2:** Prüfen Sie, ob:

- (a) die Prämisse inkonsistent sind (d.h. in jeder Zeile gibt es mindestens eine Prämisse, die den Wert **f** hat);
- (b) die Konklusion tautologisch ist.

**Schritt 3:** Wenn mindestens eine der Bedingungen (2.a) oder (2.b) erfüllt ist, schließen Sie, dass das Argument gültig ist, und hören Sie auf. Andernfalls gehen Sie zum nächsten Schritt.<sup>2</sup>

2: Wenn es offensichtlich ist, dass eine der Bedingungen (2.a) oder (2.b) erfüllt ist, dann kann man die entsprechende Tatsache direkt beweisen und daraus schließen, dass das Argument gültig ist.

**Schritt 4:** Prüfen Sie, ob in den Zeilen, in denen alle Prämissen den Wert **w** haben, die Konklusion auch den Wert **w** hat.

**Schritt 5:** Wenn die Antwort auf Schritt 4 „ja“ lautet, schließen Sie, dass das Argument gültig ist. Andernfalls schließen Sie, dass es ungültig ist.

**Beispiel.** Wir werden diese Vorgehensweise Schritt für Schritt mit dem folgenden Argument durchgehen. Wir heben alle Zeilen grün hervor, in denen sowohl die Prämissen als auch die Konklusion wahr sind. Zeilen, in denen alle Prämissen wahr sind, die Konklusion jedoch falsch ist, heben wir rot hervor.

$p \therefore p$ 

gültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

Prämissen		Konklusion	
$p$	$p$	$p$	$p$
w	w	w	w
f	f	f	f
	1		1

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- (a) Nicht erfüllt: Die Prämissen sind konsistent (der Wert **f** kommt in Zeile 1 nicht vor).
- (b) Nicht erfüllt: Die Konklusion ist nicht tautologisch.

Prämissen		Konklusion	
$p$	$p$	$p$	$p$
w	w	w	w
f	f	f	f

**Schritt 3:** Da die Bedingungen (2.a) und (2.b) nicht erfüllt sind, gehen wir zum nächsten Schritt.**Schritt 4:** Vergleich der Zeilen.

Prämissen		Konklusion	
$p$	$p$	$p$	$p$
w	w	w	w
f	f	f	f

**Schritt 5:** Zeile 1 ist die einzige Zeile, in der die einzige Prämisse wahr ist. Da dort auch die Konklusion wahr ist, ist das Argument gültig.

**Aktivierungselement 5.2.** Überprüfen Sie die folgenden Argumentformen auf ihre Gültigkeit unter Verwendung der Wahrheitstafelmethode:

1.  $p, p \rightarrow q \therefore q$
2.  $q, p \rightarrow q \therefore p$
3.  $\neg p \vee (q \vee p), \neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q) \therefore p$
4.  $p, \neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q) \therefore \neg p \vee (q \vee p)$
5.  $p, \neg p \therefore q$
6.  $\therefore p$

Lösungen auf Seite 65.

### 5.1.3 Vorgehensweise für einen informellen Beweis

Um einen informellen Beweis zu führen, müssen wir ein Argument in der Metasprache – also auf Deutsch oder in einer anderen natürlichen Sprache – begründen. Dabei kann man wie folgt vorgehen:

**Schritt 1:** *Schreiben Sie den zu beweisenden Satz auf und heben Sie die Schlüsselbegriffe hervor.*

**Schritt 2:** *Schauen Sie sich die Definitionen zu diesen Schlüsselbegriffen an.*

**Schritt 3:** *Notieren Sie einige Merkmale dieser Definitionen, die für Ihren Beweis nützlich sein könnten.*

**Schritt 4:** *Bestimmen Sie, was genau zu beweisen ist – z.B. eine Implikation, eine Äquivalenz, eine Existenzsatz usw.*

**Schritt 5:** *Identifizieren Sie eine mögliche Strategie, um den Satz zu beweisen. Z.B., um eine Implikation zu beweisen, könnte man die Antezedenz annehmen und versuchen, die Konsequenz zu schließen.*

**Schritt 6:** *Entwerfen Sie eine Beweisskizze, um zu prüfen, ob die Strategie praktikabel ist.*

**Schritt 7:** *Schreiben Sie Ihre Beweise klar auf und begründen Sie jeden logischen Schritt, den Sie machen. (Sie können logische Regeln verwenden, die analog zu denen der Objektsprache sind. Denken Sie jedoch daran, dass Sie in der Metasprache arbeiten.)*

Es reicht aus, nur den letzten Schritt in einer Klausur zu schreiben, da er dem eigentlichen Beweis entspricht. Gehen wir jeden dieser Schritte für das nächste Beispiel durch.

**Beispiel.** Beweisen Sie:

, $A$ ' ist eine kontradiktiorisch gdw , $\neg A$ ' eine tautologisch ist.

**Schritt 1:** *Schreiben Sie den zu beweisenden Satz auf und heben Sie die Schlüsselbegriffe hervor.*

Zu zeigen:  $A$  ist eine **kontradiktiorisch** gdw  $\neg A$  eine **tautologisch** ist.

**Schritt 2:** Schauen Sie sich die Definitionen zu diesen Schlüsselbegriffen an.

Die verwendeten Begriffe sind ‚kontradiktiorisch‘, ‚tautologisch‘ und ‚ $\neg$ ‘. Alle diese Begriffe werden durch das Konzept der aussagenlogischen Bewertung definiert. Die Definitionen lauten wie folgt:

**Definition 7** (Aussagenlogische Bewertung). Eine aussagenlogische Bewertung (relativ zur Interpretation  $\mathfrak{I}$ ) ist eine Funktion  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}} : \mathcal{F} \rightarrow \{\text{w}, \text{f}\}$ , sodass gilt:

$$2. \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \text{w} \text{ gdw } \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}, \quad \dots$$

**Definition 9** (Tautologie). Eine Formel  $A$  aus  $\mathcal{F}$  ist tautologisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ .

**Definition 10** (Kontradiktion). Eine Formel  $A$  aus  $\mathcal{F}$  ist kontradiktiorisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$ .

**Schritt 3:** Notieren Sie einige Merkmale dieser Definitionen, die für Ihren Beweis nützlich sein könnten.

Folgendes ist bemerkenswert:

- ▶ Aus Definition 7 folgt aber, dass dies der Fall ist gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$  oder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .
- ▶ Wendet man Definition 9 auf negierte Formeln an, so folgt, dass eine Formel  $\neg A$  tautologisch ist gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \text{w}$ .
- ▶ Aus Definition 7.2 folgt aber, dass dies der Fall ist gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$ .

Mit anderen Worten: für alle  $\mathfrak{I}$ ,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$ .

- ▶ Nach Definition 9 ist eine Formel  $A$  tautologisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ .
- ▶ Nach Definition 10 ist eine Formel  $A$  kontradiktiorisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$ .

**Schritt 4:** Bestimmen Sie, was genau zu beweisen ist.

Der Ausdruck ‚gdw‘ (Abkürzung für ‚genau dann, wenn‘) weist darauf hin, dass es sich um einen Äquivalenzsatz (von der Metasprache) handelt. Das bedeutet, dass gezeigt werden muss, dass die linke Seite aus der rechten Seite folgt und umgekehrt, dass die rechte Seite aus der linken Seite folgt.

**Schritt 5:** Identifizieren Sie eine mögliche Strategie, um den Satz zu beweisen.

Wir zeigen direkt die Folge von Äquivalenzen, die den Übergang von ‚ $A$  ist kontradiktiorisch‘ zu ‚ $\neg A$  ist tautologisch‘ in mehreren, unmittelbar gerechtfertigten Schritten verbindet.

**Schritt 7:** Entwerfen Sie eine Beweisskizze, um zu prüfen, ob die Strategie praktikabel ist.

Hier ist eine informellere Skizze des Beweises:

**Was wir beweisen wollen:**

, $A'$  ist eine kontradiktiorisch gdw , $\neg A'$  eine tautologisch ist.

**Was wir beweisen wollen anders formuliert:**

für alle  $\mathfrak{I} : \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \textcolor{red}{f}$  (Def. 10)

gdw

für alle  $\mathfrak{I} : \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \textcolor{teal}{w}$  (Def. 9)

**Methode des Beweises:**

Wir wollen die folgende Kette beweisen und jeden Übergang durch die passende Definition rechtfertigen:

$A$  ist kontradiktiorisch gdw für alle  $\mathfrak{I} : \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \textcolor{red}{f}$  (Def. 10)

gdw für alle  $\mathfrak{I} : \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \textcolor{teal}{w}$  (Def. 7.2)

gdw  $\neg A$  ist tautologisch (Def. 9)

**Schätzung:** Die Äquivalenzkette ist kurz und vollständig – jeder Schritt ist durch eine der angegebenen Definitionen gedeckt, die Strategie ist somit praktikabel und unmittelbar in einen formalen Beweis überführbar.

**Schritt 8:** Schreiben Sie Ihre Beweise klar auf und begründen Sie jeden logischen Schritt.

**Satz:**  $A$  ist kontradiktiorisch gdw  $\neg A$  tautologisch ist.

*Beweis.* Nach Definition 10 ist  $A$  kontradiktiorisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \textcolor{red}{f}$ . Nach Definition 7.2 der Negation gilt für jede Interpretation  $\mathfrak{I}$ , dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \textcolor{teal}{w}$  gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \textcolor{red}{f}$ . Schließlich besagt Definition 9, dass  $\neg A$  tautologisch ist gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(\neg A) = \textcolor{teal}{w}$ . Kombiniert man diese drei Aussagen, so folgt unmittelbar, dass  $A$  kontradiktiorisch ist gdw  $\neg A$  tautologisch ist.  $\square$

**Aktivierungselement 5.3.** Beweisen Sie:

, $A \vee \neg A'$  ist eine Tautologie.

Lösung auf Seite 69 (ausstehend).

### 5.1.4 Lösungen

#### Lösung zu Aktivierungselement 5.1

1.  $p \wedge \neg p$ 

		$p \wedge \neg p$	kontradiktiorisch
$w$	$f$	$f$	
$f$		$f$	

(2) (1)

2.  $p \wedge \neg p \rightarrow q$ 

		$p \wedge \neg p \rightarrow q$	tautologisch
$w$	$w$	$f$	
$w$	$f$	$f$	
$f$	$w$	$f$	
$f$	$f$	$f$	

(2) (1) (3)

3.  $q \rightarrow p \wedge \neg p$ 

		$q \rightarrow p \wedge \neg p$	kontingent
$w$	$w$	$f$	
$w$	$f$	$w$	
$f$	$w$	$f$	
$f$	$f$	$w$	

(3) (2) (1)

4.  $p \vee \neg p$ 

		$p \vee \neg p$	tautologisch
$w$		$w$	
$f$		$w$	

(2) (1)

5.  $p \vee \neg p \rightarrow q$ 

		$p \vee \neg p \rightarrow q$	kontingent
$w$	$w$	$w$	
$w$	$f$	$f$	
$f$	$w$	$w$	
$f$	$f$	$w$	

(2) (1) (3)

6.  $q \rightarrow p \vee \neg p$ 

		$q \rightarrow p \vee \neg p$	tautologisch
$w$	$w$	$w$	
$w$	$f$	$w$	
$f$	$w$	$w$	
$f$	$f$	$w$	

(3) (2) (1)

### Lösung zu Aktivierungselement 5.2.

1.  $p, p \rightarrow q \therefore q$

gültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

Prämissen 1

$p$	$q$	$p$
w	w	w
w	f	w
f	w	f
f	f	f

①

Prämissen 2

$p$	$q$	$p \rightarrow q$
w	w	w
w	f	f
f	w	w
f	f	w

①

Konklusion

$p$	$q$	$q$
w	w	w
w	f	f
f	w	w
f	f	f

①

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- (a) Nicht erfüllt: Die Prämissen sind konsistent.
- (b) Nicht erfüllt: Die Konklusion ist nicht tautologisch.

		Prämissen	Konklusion	
$p$	$q$	$p$	$p \rightarrow q$	$q$
w	w	w	w	w
w	f	w	f	f
f	w	f	w	w
f	f	f	w	f

**Schritt 3:** Da die Bedingungen (2.a) und (2.b) nicht erfüllt sind, gehen wir zum nächsten Schritt.

**Schritt 4:** Vergleich der Zeilen.

		Prämissen	Konklusion	
$p$	$q$	$p$	$p \rightarrow q$	$q$
w	w	w	w	w
w	f	w	f	f
f	w	f	w	w
f	f	f	w	f

**Schritt 5:** Die einzige Zeile, in der alle Prämissen wahr sind, ist Zeile 1. Da dort auch die Konklusion wahr ist, ist das Argument gültig.

2.  $q, p \rightarrow q \therefore p$ 

ungültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

Prämisse 1		
$p$	$q$	$q$
w	w	w
w	f	f
f	w	w
f	f	f

❶

Prämisse 2		
$p$	$q$	$p \rightarrow q$
w	w	w
w	f	f
f	w	w
f	f	w

❶

Konklusion		
$p$	$q$	$p$
w	w	w
w	f	w
f	w	f
f	f	f

❶

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- (a) Nicht erfüllt: Die Prämissen sind konsistent.
- (b) Nicht erfüllt: Die Konklusion ist nicht tautologisch.

Prämissen		Konklusion		
$p$	$q$	$q$	$p \rightarrow q$	$p$
w	w	w	w	w
w	f	f	f	w
f	w	w	w	f
f	f	f	w	f

**Schritt 3:** Da die Bedingungen (2.a) und (2.b) nicht erfüllt sind, gehen wir zum nächsten Schritt.**Schritt 4:** Vergleich der Zeilen.

Prämissen		Konklusion		
$p$	$q$	$q$	$p \rightarrow q$	$p$
w	w	w	w	w
w	f	f	f	w
f	w	w	w	f
f	f	f	w	f

**Schritt 5:** Es gibt genau zwei Zeilen, in denen alle Prämissen wahr sind: 1 und 3. Da die Konklusion in Zeile 3 falsch ist, ist das Argument ungültig.

$$3. \neg p \vee (q \vee p), \neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q) \therefore p$$

ungültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

		Prämissen 1		Prämissen 2		Konklusion	
p	q	$\neg p \vee (q \vee p)$	$\neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q)$	p	q	$p$	
w	w	f	w	w	w	w	
w	f	f	w	w	w	w	
f	w	w	w	f	w	f	
f	f	w	f	f	f	f	
		③	②		③	①	

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- (a) Nicht erfüllt: Die Prämissen sind konsistent.
- (b) Nicht erfüllt: Die Konklusion ist nicht tautologisch.

		Prämissen		Konklusion	
p	q	$\neg p \vee (q \vee p)$	$\neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q)$	p	
w	w	w	w	w	
w	f	w	w	w	
f	w	w	w	f	
f	f	w	f	f	

**Schritt 3:** Da die Bedingungen (2.a) und (2.b) nicht erfüllt sind, gehen wir zum nächsten Schritt.

**Schritt 4:** Vergleich der Zeilen.

		Prämissen		Konklusion	
p	q	$\neg p \vee (q \vee p)$	$\neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q)$	p	
w	w	w	w	w	
w	f	w	w	w	
f	w	w	w	f	
f	f	w	f	f	

**Schritt 5:** In Zeilen 1–3 sind alle Prämissen wahr sind. Da die Konklusion in Zeile 3 falsch ist, ist das Argument ungültig.

4.  $p, \neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q) :: \neg p \vee (q \vee p)$

gültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

- Wahrheitstabelle für Prämisse 1: siehe Konklusion in Argument 3.
- Wahrheitstabelle für Prämisse 2: siehe Prämisse 2 in Argument 3.
- Wahrheitstabelle für die Konklusion: siehe Prämisse 1 in Argument 3.

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- Nicht erfüllt: Die Prämissen sind konsistent.
- Erfüllt: Die Konklusion ist tautologisch.

		Prämissen		Konklusion
$p$	$q$	$p$	$\neg(p \vee q) \rightarrow (p \wedge q)$	$\neg p \vee (q \vee p)$
w	w	w	w	w
w	f	w	w	w
f	w	f	w	w
f	f	f	f	w

**Schritt 3:** Da die Bedingung (2.a) erfüllt ist, ist das Argument gültig.

5.  $p, \neg p :: q$

gültig

**Schritt 1:** Erstellung der Wahrheitstabellen.

		Prämisse 1		Prämisse 2		Konklusion	
$p$	$q$	$p$		$p$	$q$	$\neg p$	$q$
w	w	w		w	f		w
w	f	w		w	f	f	f
f	w	f		f	w	w	w
f	f	f		f	f	w	f
①		①		①		①	

**Schritt 2:** Überprüfung der Bedingungen (2.a) und (2.b).

- Erfüllt: Die Prämisen sind inkonsistent.
- Nicht erfüllt: Die Konklusion ist nicht tautologisch.

		Prämisse 1		Prämisse 2		Konklusion	
$p$	$q$	$p$		$\neg p$	$q$	$\neg p$	$q$
w	w	w		f		w	
w	f	w		f		f	
f	w	f		w		w	
f	f	f		w		f	

**Schritt 3:** Da die Bedingung (2.b) erfüllt ist, ist das Argument gültig.

**Lösung zu Aktivierungselement 5.3.** [Ausstehend.]

## 5.2 Übungen

### Übung 5.1.

1. Was ist eine Wahrheitstafel für eine aussagenlogische Formel?  
Wie erstellt man eine Wahrheitstafel?
2. Erstellen Sie die Wahrheitstafeln zu allen aussagenlogischen Formeln in Übung 4.5 (4.1-4.5) mit weniger als 3 oder genau 3 Aussagenvariablen.

**Übung 5.2.** Stellen Sie mit Hilfe von Wahrheitstafeln fest, welche der folgenden Formeln tautologisch, kontradiktiorisch bzw. kontingent sind.

1.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$
2.  $\neg(p \rightarrow q) \vee (q \wedge \neg p)$
3.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow q$
4.  $((p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)) \vee (r \rightarrow p)$
5.  $(p \rightarrow q) \vee (\neg p \rightarrow q)$
6.  $(p \rightarrow q) \rightarrow ((p \rightarrow r) \rightarrow (q \rightarrow r))$
7.  $p \vee (\neg q \rightarrow r) \rightarrow q \vee (\neg p \rightarrow r)$
8.  $\neg(p \wedge (q \rightarrow \neg r)) \rightarrow (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)$
9.  $\neg(\neg p \rightarrow q \vee r) \rightarrow \neg(p \vee q) \wedge r$
10.  $(p \wedge q \rightarrow (r \wedge s) \vee t) \wedge (\neg(\neg p \vee \neg q) \wedge (\neg r \vee \neg s))$
11.  $\neg((p \wedge q) \vee ((r \wedge s) \wedge t)) \rightarrow q \vee t$
12.  $p \wedge (q \leftrightarrow r) \rightarrow (p \wedge q \leftrightarrow p \wedge r)$
13.  $p \vee (\neg q \rightarrow r) \leftrightarrow q \vee (\neg p \rightarrow r)$
14.  $\neg(p \wedge (q \rightarrow \neg r)) \leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)$

### Übung 5.3.1.

1. Was ist eine aussagenlogische Interpretation?
2. Was ist eine aussagenlogische Bewertung?
3. Was ist eine Tautologie, was ist eine Kontradiktion, was ist eine kontingente Formel (gemäß exakter Definition über Interpretationen und aussagenlogische Bewertungen)?

**Übung 5.3.2.** Was kann gemeint sein, wenn man sagt „A impliziert B“?

**Übung 5.3.3.**

1. Was ist die logische Implikation (Äquivalenz): Ein zweistelliger Junktor oder eine zweistellige Relation?
2. Wie ist die logische Implikation (Äquivalenz) definiert?

**Übung 5.3.4.** Beweisen Sie:

$A$  impliziert logisch  $B$  gdw , $A \rightarrow B'$  eine Tautologie ist.

(Das ist übrigens ein metalogischer Satz, also ein Satz der über Formeln ‚spricht‘ und diesen Formeln gewisse logische Eigenschaften zuschreibt; ein Beweis dieses metalogischen Satz ist demnach ein metalogischer Beweis.)

**Übung 5.4.1.** Was ist eine gültige Argumentform? Was ist ein gültiges Argument?**Übung 5.4.2.** Welche der folgenden Behauptungen sind wahr und welche sind falsch?

1. Ein Argument, das eine falsche Konklusion hat, ist ungültig.
2. Ein Argument, das falsche Prämisse und eine wahre Konklusion hat, ist ungültig.
3. Ein Argument, das wahre Prämisse und eine falsche Konklusion hat, ist ungültig.
4. Ein Argument, das lauter wahre Prämisse und eine wahre Konklusion hat, ist gültig.
5. Jemand, der behauptet, daß ein bestimmter Schluß korrekt ist, kann durch ein einziges Gegenbeispiel widerlegt werden.
6. Wenn ein gültiges Argument eine falsche Konklusion hat, dann sind alle seine Prämisse auch falsch.

**Übung 5.4.3.** Was ist die der Argumentform  $A_1, \dots, A_n \therefore B$  entsprechende Formel?

**Übung 5.5.1.** Überprüfen Sie die folgenden Argumentformen auf ihre Gültigkeit unter Verwendung der Wahrheitstafelmethode:

1.  $p \wedge q \rightarrow r \wedge \neg s, r \rightarrow t, \neg t \wedge p \therefore \neg p$
2.  $p \wedge q \rightarrow r \wedge \neg s, r \rightarrow t, \neg t \wedge q \therefore p \rightarrow r \wedge \neg r$
3.  $p \rightarrow (q \rightarrow r), r \rightarrow \neg s \wedge \neg t, \neg t \rightarrow \neg s \therefore p \rightarrow t$
4.  $\neg(q \vee (p \rightarrow r)), \neg r \rightarrow p \wedge \neg q \therefore \neg q \vee r \rightarrow s$
5.  $\neg(\neg p \vee (q \rightarrow \neg r)), r \rightarrow s \wedge t \therefore t \vee \neg q$
6.  $p \wedge q \rightarrow r, q \vee \neg r \therefore p \rightarrow (q \rightarrow r) \wedge (r \rightarrow q)$
7.  $\neg(\neg p \vee \neg q) \rightarrow r, r \wedge (p \wedge q) \rightarrow p \wedge s \therefore \neg(p \wedge q) \vee s$
8.  $p \vee \neg p \rightarrow q, \neg(\neg r \vee \neg s), t \rightarrow p \wedge \neg p \therefore (q \wedge s) \wedge \neg t$
9.  $p \vee q \therefore ((p \rightarrow q) \rightarrow q) \wedge (\neg q \rightarrow p)$

**Übung 5.5.2.** Das folgende Argument war in Übung 3 bereits durch eine Argumentform zu repräsentieren.

Der Papst ist Deutscher. Daher tritt Österreich am 1. Januar 2013 genau dann aus der EU aus, wenn Österreich dies tut.

- (i) Überprüfen Sie, ob die nämliche Argumentform gültig ist.
- (ii) Entspricht das Ergebnis aus (i) Ihrer Intuition?

**Übung 5.5.3.** Das folgende Argument war in Übung 3 bereits durch eine Argumentform zu repräsentieren.

Bad Goisern ist die Hauptstadt von Oberösterreich und Bad Goisern ist nicht die Hauptstadt von Oberösterreich. Daher existiert Gott.

- (i) Überprüfen Sie, ob die nämliche Argumentform gültig ist.
- (ii) Ist dieses Argument ein Beweis für die Existenz Gottes?

### 5.2.1 Lösungen

**Lösung zu Übung 5.1.** 1. Was ist eine Wahrheitstafel für eine aussagenlogische Formel? Wie erstellt man eine Wahrheitstafel?

**Antwort:** Siehe Sektion 5.1.1.

2. Erstellen Sie die Wahrheitstafeln zu allen aussagenlogischen Formeln in Übung 4.5 (4.1-4.5) mit weniger als 3 oder genau 3 Aussagenvariablen.

**Antwort:** Hier nicht beantwortet.

**Lösung zu Übung 5.2.** Stellen Sie mit Hilfe von Wahrheitstafeln fest, welche der folgenden Formeln tautologisch, kontradiktiorisch bzw. kontingent sind.

1.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$  tautologisch

		$(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$			
$p$	$q$	$w$	$f$	$w$	$f$
$w$	$w$	$w$	$w$	$w$	$w$
$w$	$f$	$f$	$w$	$w$	$w$
$f$	$w$	$w$	$w$	$w$	$f$
$f$	$f$	$w$	$w$	$w$	$w$

(1)      (2)      (1)

2.  $\neg(p \rightarrow q) \vee (q \wedge \neg p)$  kontingent

		$\neg(p \rightarrow q) \vee (q \wedge \neg p)$			
$p$	$q$	$f$	$w$	$f$	$f$
$w$	$w$	$f$	$w$	$f$	$f$
$w$	$f$	$w$	$f$	$w$	$f$
$f$	$w$	$f$	$w$	$w$	$w$
$f$	$f$	$f$	$w$	$f$	$w$

(3)      (2)      (4)      (2) (1)

3.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow q$  kontingent

		$\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow q$			
$p$	$q$	$f$	$w$	$w$	$w$
$w$	$w$	$f$	$w$	$w$	$w$
$w$	$f$	$w$	$f$	$f$	$w$
$f$	$w$	$w$	$w$	$f$	$f$
$f$	$f$	$w$	$w$	$f$	$w$

(3)      (1)      (2)      (4)

4.  $((p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)) \vee (r \rightarrow p)$

tautologisch

$p$	$q$	$r$	$((p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)) \vee (r \rightarrow p)$				
w	w	w	w	w	w	w	w
w	w	f	w	w	f	w	w
w	f	w	f	w	w	w	w
w	f	f	f	w	w	w	w
f	w	w	w	w	w	w	f
f	w	f	w	w	f	w	w
f	f	w	w	w	w	w	f
f	f	f	w	w	w	w	w

(1)    (2)    (1)    **3**    (1)

5.  $(p \rightarrow q) \vee (\neg p \rightarrow q)$

tautologisch

$p$	$q$	$(p \rightarrow q) \vee (\neg p \rightarrow q)$			
w	w	w	w	f	w
w	f	f	w	f	w
f	w	w	w	w	w
f	f	w	w	w	f

(2)    **3**    (1)    (2)

6.  $(p \rightarrow q) \rightarrow ((p \rightarrow r) \rightarrow (q \rightarrow r))$

kontingent

7.  $p \vee (\neg q \rightarrow r) \rightarrow q \vee (\neg p \rightarrow r)$

tautologisch

8.  $\neg(p \wedge (q \rightarrow \neg r)) \rightarrow (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)$

tautologisch

9.  $\neg(\neg p \rightarrow q \vee r) \rightarrow \neg(p \vee q) \wedge r$

kontingent

10.  $(p \wedge q \rightarrow (r \wedge s) \vee t) \wedge (\neg(\neg p \vee \neg q) \wedge (\neg r \vee \neg s))$

kontingent

11.  $\neg((p \wedge q) \vee ((r \wedge s) \wedge t) \rightarrow q \vee t)$

kontradiktatorisch

$p$	$q$	$r$	$s$	$t$	$\neg((p \wedge q) \vee ((r \wedge s) \wedge t) \rightarrow q \vee t)$
w	w	w	w	w	f
w	w	w	w	f	f
w	w	w	f	w	f
w	w	w	f	f	f
w	w	f	w	w	f
w	w	f	w	f	f
w	w	f	f	w	f
w	w	f	f	f	f
w	f	w	w	w	f
w	f	w	w	f	f
w	f	w	f	w	f
w	f	w	f	f	f
w	f	f	w	w	f
w	f	f	w	f	f
w	f	f	f	w	f
w	f	f	f	f	f
f	w	w	w	w	f
f	w	w	w	f	f
f	w	w	f	w	f
f	w	w	f	f	f
f	w	f	w	w	f
f	w	f	w	f	f
f	w	f	f	w	f
f	w	f	f	f	f
f	f	w	w	w	f
f	f	w	w	f	f
f	f	w	f	w	f
f	f	w	f	f	f
f	f	f	w	w	f
f	f	f	w	f	f
f	f	f	f	w	f
f	f	f	f	f	f

⑤ ① ③ ① ② ④ ①

**Bemerkung:** Die eingeklammerte Formel innerhalb der Negation ist tautologisch. Andernfalls wäre die negierte Formel nicht kontradiktatorisch.

12.  $p \wedge (q \leftrightarrow r) \rightarrow (p \wedge q \leftrightarrow p \wedge r)$

tautologisch

13.  $p \vee (\neg q \rightarrow r) \leftrightarrow q \vee (\neg p \rightarrow r)$

tautologisch

$$14. \neg(p \wedge (q \rightarrow \neg r)) \leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r) \quad \text{tautologisch}$$

$p$	$q$	$r$	$\neg(p \wedge (q \rightarrow \neg r)) \leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r)$							
w	w	w	w	f	f	f	w	w	w	w
w	w	f	f	w	w	w	w	w	f	f
w	f	w	f	w	w	f	w	f	f	w
w	f	f	f	w	w	w	w	f	f	f
f	w	w	w	f	f	f	w	w	w	w
f	w	f	w	f	w	w	w	w	w	w
f	f	w	w	f	w	f	w	w	w	w
f	f	f	w	f	w	w	w	w	w	w

(4)    (3)    (2)    (1)    (5)    (1)    (2)    (1)

### Lösung zu Übung 5.3.1.

- Was ist eine aussagenlogische Interpretation?

**Antwort:** Siehe Definition 6 auf S. 129.

- Was ist eine aussagenlogische Bewertung?

**Antwort:** Siehe Definition 7 auf SS. 130–1.

- Was ist eine Tautologie, was ist eine Kontradiktion, was ist eine contingente Formel (gemäß exakter Definition über Interpretationen und aussagenlogische Bewertungen)?

**Antwort:** Siehe Definitionen 8–10 auf SS. 133–4.

**Lösung zu Übung 5.3.2.** Was kann gemeint sein, wenn man sagt ‚ $A$  impliziert  $B$ ‘?

### Antwort

Wenn wir die Alltagssprache ‚ $A$  impliziert  $B$ ‘ interpretieren, kann dies zumindest zwei verschiedene Bedeutungen haben, die mit logischen Begriffen interpretiert werden können:

- (a) ‚ $A \rightarrow B$ ‘, oder
- (b) ‚ $A$  impliziert (aussagen-)logisch  $B$ ‘ (siehe Definition 11 auf S. 137).

Es könnte auch eine kausale Interpretation geben, die aber mit den in diesem Kapitel gelernten logischen Konzepten nicht formalisiert werden kann.

**Lösung zu Übung 5.3.3.**

1. Was ist die logische Implikation (Äquivalenz): Ein zweistelliger Junktior oder eine zweistellige Relation?

### Antwort

Die logische Implikation und die logische Äquivalenz sind zweistellige Relationen (siehe S. 140–141). Zweistellige Junktoren sind ‚ $\rightarrow$ ‘ und ‚ $\leftrightarrow$ ‘, ebenso wie ‚ $\wedge$ ‘ und ‚ $\vee$ ‘.

2. Wie ist die logische Implikation (Äquivalenz) definiert?

**Antwort:** Siehe Definition 11.

**Lösung zu Übung 5.3.4.** Beweisen Sie:

$A$  impliziert logisch  $B$  gdw ‚ $A \rightarrow B$ ‘ eine Tautologie ist.

**Hinweis:** Es geht hier nicht darum, diese Aussage mit einer Herleitung in unserem System des natürlichen Schließens zu beweisen oder eine Wahrheitstabelle zu erstellen. Wir müssen stattdessen einen informellen Beweis führen. Gehen wir jeden der in Abschnitt 5.1.3 dafür vorgeschlagenen Schritte für den erforderlichen Beweis durch.

**Schritt 1:** Schreiben Sie den zu beweisenden Satz auf und heben Sie die Schlüsselbegriffe hervor.

Zu zeigen: A impliziert logisch B gdw ( $A \rightarrow B$ ) eine Tautologie ist.

**Schritt 2:** Schauen Sie sich die Definitionen zu diesen Schlüsselbegriffen an.

Die verwendeten Begriffe sind ‚Tautologie‘, ‚logisch impliziert‘ und ‚ $\rightarrow$ ‘. Alle diese Begriffe werden durch das Konzept der aussagenlogischen Bewertung definiert. Die Definitionen lauten wie folgt:

**Definition 7** (Aussagenlogische Bewertung). Eine aussagenlogische Bewertung (relativ zur Interpretation  $\mathfrak{I}$ ) ist eine Funktion  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}} : \mathcal{F} \rightarrow \{\text{w}, \text{f}\}$ , sodass gilt:

$$5. \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w} \text{ gdw } \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f} \text{ oder } \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}, \quad \dots$$

**Definition 9** (Tautologie). Eine Formel A aus  $\mathcal{F}$  ist tautologisch gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ .

**Definition 12** (Aussagenlogische Implikation). Für alle Formeln  $A_1, \dots, A_n$  und B aus  $\mathcal{F}$ :  $A_1, \dots, A_n$  implizieren (aussagen-)logisch B (bzw. B folgt logisch aus  $A_1, \dots, A_n$ ) gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt: Wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A_1) = \text{w}, \dots, \mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A_n) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .

**Schritt 3:** Notieren Sie einige Merkmale dieser Definitionen, die für Ihren Beweis nützlich sein könnten.

Folgendes ist bemerkenswert:

- ▶ Definition 7 besagt, dass die Funktion  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}} : \mathcal{F} \rightarrow \{\text{w}, \text{f}\}$  zwei mögliche Werte hat, nämlich  $\text{w}$  und  $\text{f}$ .
- ▶ Folglich, wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$  (d.h. wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$  nicht der Fall ist), dann gilt  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$ .
- ▶ Dies folgt auch umgekehrt, da  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}$  eine Funktion ist. Das bedeutet, es gibt kein A, für das  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w} = \text{f}$  gilt. Folglich,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$  gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$ .
- ▶ Wendet man Definition 9 auf Implikationssätze an, so folgt, dass eine Formel  $(A \rightarrow B)$  tautologisch ist gdw für alle Interpretationen  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .
- ▶ Aus Definition 7.5 folgt aber, dass dies der Fall ist gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$  oder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .  
Mit anderen Worten: für alle  $\mathfrak{I}$ ,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$  gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$  oder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .
- ▶ Aus Definition 12 folgt: A logisch impliziert B gdw für alle  $\mathfrak{I}$ , wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .

**Schritt 4:** Bestimmen Sie, was genau zu beweisen ist – z.B. eine Implikation, eine Äquivalenz, eine Existenzsatz usw.

Der Ausdruck ‚gdw‘ (Abkürzung für ‚genau dann, wenn‘) weist darauf hin, dass es sich um einen Äquivalenzsatz (von der Metasprache) handelt. Das bedeutet, dass gezeigt werden muss, dass die linke Seite aus der rechten Seite folgt und umgekehrt, dass die rechte Seite aus der linken Seite folgt.

**Schritt 5:** Identifizieren Sie eine mögliche Strategie, um den Satz zu beweisen.

Wir könnten die folgende Strategie verfolgen: Wir zeigen eine Äquivalenz zwischen der Definition der logischen Implikation und der Wahrheitstabelle einer Tautologie. Dafür gehen wir in zwei Richtungen vor:

- ( $\Rightarrow$ ) Wir nehmen an, dass  $A$  logisch  $B$  impliziert, und überprüfen, dass  $(A \rightarrow B)$  für alle Interpretationen  $\mathfrak{J}$  gilt, indem wir die Fälle  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$  und  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) \neq \text{w}$  getrennt betrachten.
- ( $\Leftarrow$ ) Wir nehmen an, dass  $(A \rightarrow B)$  eine Tautologie ist, und zeigen, dass daraus folgt, dass wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$ .

Damit schließen wir die Äquivalenz.

**Schritt 6:** Entwerfen Sie eine Beweisskizze, um zu prüfen, ob die Strategie praktikabel ist.

Hier ist eine informellere Skizze des Beweises:

**Was wir beweisen wollen:**

$A$  impliziert logisch  $B$  gdw  $(A \rightarrow B)$  eine Tautologie ist.

**Was wir beweisen wollen anders formuliert:**

$\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$  (für alle  $\mathfrak{J}$ ), dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$  (Def. 12)

gdw

$\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$  (Def. 9).

**Methode des Beweises:**

Wir führen für jede Richtung einen konditionalen Beweis an.

- ( $\Rightarrow$ ) **Annahme:**  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$ .

**Ziel:**  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

**Verfahren:** Wir betrachten zwei mögliche Fälle:

- (i) Wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$ , dann folgt aus der Annahme, dass auch  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$ . Daher  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$  (Def. 7).
- (ii) Wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) \neq \text{w}$ , dann gilt  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{f}$  (Def. 7). Folglich:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A \rightarrow B) = \text{w}$  (auch Def. 7).

- ( $\Leftarrow$ ) **Annahmen:**  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ ,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$ .

**Ziel:**  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$ .

**Verfahren:**  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$  bedeutet, dass, wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$ , dann muss entweder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{f}$  oder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$  gelten. Da jedoch die Annahme  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{w}$  im Widerspruch zu  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \text{f}$  steht (Def. 7), bleibt nur die Möglichkeit, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \text{w}$  (unser Ziel).

**Schätzung:** Die Beweisstrategie scheint praktikabel zu sein.

**Schritt 7:** Schreiben Sie Ihre Beweise klar auf und begründen Sie jeden logischen Schritt, den Sie machen.

**Hinweis:** Eine viel kürzere Version des Beweises folgt unten. Es kann aus pädagogischen Gründen hilfreich sein, diese zuerst durchzugehen oder beide Versionen miteinander zu vergleichen.

**Satz:**  $A$  impliziert logisch  $B$  gdw ( $A \rightarrow B$ ) eine Tautologie ist.

*Beweis.* Nach den Def. 12 und 9 ist Folgendes zu zeigen:

(a) für alle  $\mathfrak{I}$ : wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$

gdw

(b) für alle  $\mathfrak{I}$ :  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

Aus Def. 7 wissen wir, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}$  eine Funktion ist, die nur zwei Werte annehmen kann:  $\text{w}$  oder  $\text{f}$ . Insbesondere gilt:

(c)  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{f}$  gdw  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$ .

Nun beweisen wir die beiden Richtungen separat:

( $\Rightarrow$ ) Angenommen,  $A$  impliziert logisch  $B$ . Das bedeutet:

(a) für alle  $\mathfrak{I}$ : wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .

Zu zeigen ist, dass  $(A \rightarrow B)$  eine Tautologie ist, also:

(b) für alle  $\mathfrak{I}$ :  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

Sei  $\mathfrak{I}$  eine beliebige Interpretation. Aus (a) folgt unmittelbar:

(a') wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .

Wir unterscheiden zwei Fälle: (i)  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , (ii)  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$ .

(i) Angenommen,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ . In Kombination mit (a') folgt daraus, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ . Damit ist nach Def. 7 gezeigt, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

(ii) Angenommen,  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) \neq \text{w}$ . In Kombination mit (c) folgt daraus, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{f}$ . Damit ist nach Def. 7 gezeigt, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

Da die Fälle (i) und (ii) erschöpfend und disjunkt sind, gilt  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ . Da  $\mathfrak{I}$  beliebig gewählt war, gilt für diese Bedingung jede  $\mathfrak{I}$ . Das war zu zeigen.

( $\Leftarrow$ ) Angenommen,  $(A \rightarrow B)$  ist eine Tautologie. Das bedeutet:

(b) für alle  $\mathfrak{I}$  gilt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

Zu zeigen ist, dass  $A$  logisch  $B$  impliziert, also:

(a) für alle  $\mathfrak{I}$ : wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(B) = \text{w}$ .

Sei  $\mathfrak{I}$  eine beliebige Interpretation. Aus (b) folgt unmittelbar:

(b)  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}((A \rightarrow B)) = \text{w}$ .

Nehmen wir nun an, dass:

(a.1)  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{I}}(A) = \text{w}$ .

Zu zeigen bleibt:  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$ .

Man beachte, dass nach Def. 7 aus (a) folgt, dass:

$$(i) \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{red}{f} \text{ oder } (ii) \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w},$$

d.h. (siehe (c))

$$(i) \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) \neq \textcolor{teal}{w} \text{ oder } (ii) \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}.$$

Fall (i) ist ausgeschlossen, da angenommen wurde, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}$  (siehe (a.1)). Es muss also Fall (ii) gelten, also  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$ .

Dann gilt: wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$ .

Da  $\mathfrak{J}$  beliebig gewählt war, folgt:

$$(a) \text{ für alle } \mathfrak{J}: \text{ wenn } \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}, \text{ dann } \mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}.$$

Das war zu zeigen.

Da wir gezeigt haben, dass (a) aus (b) folgt und (b) aus (a) folgt, gilt:  $A$  impliziert logisch  $B$  gdw ( $A \rightarrow B$ ) eine Tautologie ist.  $\square$

### Bemerkung

Normalerweise würde ein Beweis einige Schritte auslassen, die als trivial betrachtet werden. Ich habe es hier jedoch vermieden, solche triviale Schritte auszulassen.

Nachstehend finden Sie einen kürzeren, aber ebenfalls akzeptabler Beweis. (In einer wissenschaftlichen Arbeit akzeptabel, aber vielleicht nicht in der Klausur.)

**Satz:**  $A$  impliziert logisch  $B$  gdw ( $A \rightarrow B$ ) eine Tautologie ist.

*Beweis.* Wir beweisen beide Seiten der Äquivalenz.

( $\Rightarrow$ ) Angenommen,  $A$  impliziert logisch  $B$ . Das heißt, für alle  $\mathfrak{J}$  gilt: Wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}$ , dann  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$ . In beiden Fällen (ob  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}$  oder nicht) ist  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A \rightarrow B) = \textcolor{teal}{w}$ , also eine Tautologie.

( $\Leftarrow$ ) Angenommen, ( $A \rightarrow B$ ) ist eine Tautologie, das heißt, dass  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{red}{f}$  oder  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$ , für alle  $\mathfrak{J}$  gilt. Folglich, wenn  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(A) = \textcolor{teal}{w}$  gilt, dann muss auch  $\mathfrak{W}_{\mathfrak{J}}(B) = \textcolor{teal}{w}$  gelten.  $\square$

**Lösung zu Übung 5.4.1.** Was ist eine gültige Argumentform?  
Was ist ein gültiges Argument?

**Antwort:** Siehe Definition 13.

**Lösung zu Übung 5.4.2.** Welche der folgenden Behauptungen sind wahr und welche sind falsch?

1. Ein Argument, das eine falsche Konklusion hat, ist ungültig.

falsch

#### Erklärung

, $p$  ∴  $p'$  ist gültig auch wenn , $p'$  falsch ist.

2. Ein Argument, das falsche Prämissen und eine wahre Konklusion hat, ist ungültig.

falsch

#### Erklärung

, $p \wedge \neg p$  ∴  $p'$  ist gültig auch wenn  $p$  wahr ist.

3. Ein Argument, das wahre Prämissen und eine falsche Konklusion hat, ist ungültig.

wahr

#### Erklärung

Erinnern Sie sich, dass ein Argument , $A_1, \dots, A_n \therefore B'$  genau dann gültig ist, wenn der Implikationssatz , $A_1 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B'$  eine Tautologie ist. Allerdings ist , $A_1 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B'$  falsch, wenn , $A_1, \dots, A_n$  wahr sind und  $B$  falsch.

4. Ein Argument, das lauter wahre Prämissen und eine wahre Konklusion hat, ist gültig.

falsch

#### Erklärung

Das Argument , $p, q \therefore r'$  ist ungültig, selbst wenn  $p, q$  und  $r$  alle wahr sind. Beispiel davon:

- ▶ Alle Menschen sind sterblich.
- ▶ Alle Tiere sind sterblich.

- 
- ▶ ∴ Hannes Leitgeb ist ein Logiker.

5. Jemand, der behauptet, daß ein bestimmter Schluß korrekt ist, kann durch ein einziges Gegenbeispiel widerlegt werden.

wahr

### Erklärung

Das haben wir in den Fragen 5.4.1 und 5.4.2 gemacht. Machen wir es noch einmal:

Wenn jemand behauptet, dass das Argument  $,p \rightarrow q, q \therefore p'$  gültig ist, könnten wir das folgende Gegenbeispiel geben:

$p$ : Es regnet.

$q$ : Die Straße ist nass.

Obwohl es wahr ist, dass, wenn es regnet, die Straße nass ist (also ist  $,p \rightarrow q'$  wahr), ist manchmal die Straße nass (also ist  $,q'$  wahr), aber es hat nicht geregnet (also ist  $,p'$  falsch). Zum Beispiel könnte die Straße durch einen Wasserschlauch nass geworden sein.

6. Wenn ein gültiges Argument eine falsche Konklusion hat, dann sind alle seine Prämissen auch falsch.

falsch

### Erklärung

$,p, q \therefore p'$  ist gültig auch wenn  $p$  und  $q$  falsch sind.

**Lösung zu Übung 5.4.3.** Was ist die der Argumentform  $A_1, \dots, A_n \therefore B$  entsprechende Formel?

**Antwort:**  $A_1 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B$

Beachten Sie, dass  $,A_1, \dots, A_n'$  und  $,A_1, \dots, A_n \therefore B'$  keine aussagenlogischen Formeln sind, sondern metasprachliche Ausdrücke. Aussagenlogische Formeln sind hingegen  $,A_1 \wedge \dots \wedge A_n'$  und  $,A_1 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B'$ .

**Bemerkung:** Wir sagen hier nur, ob die Argumente gültig oder ungültig sind.

**Lösung zu Übung 5.5.1.** Überprüfen Sie die folgenden Argumentformen auf ihre Gültigkeit unter Verwendung der Wahrheitstafelmethode:

- |   |   |
|---|---|
| 1. $p \wedge q \rightarrow r \wedge \neg s, r \rightarrow t, \neg t \wedge p \therefore \neg p$                                 | <span style="background-color: #ffcc99; border: 1px solid black; padding: 2px;">ungültig</span> |
| 2. $p \wedge q \rightarrow r \wedge \neg s, r \rightarrow t, \neg t \wedge q \therefore p \rightarrow r \wedge \neg r$          | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |
| 3. $p \rightarrow (q \rightarrow r), r \rightarrow \neg s \wedge \neg t, \neg t \rightarrow \neg s \therefore p \rightarrow t$  | <span style="background-color: #ffcc99; border: 1px solid black; padding: 2px;">ungültig</span> |
| 4. $\neg(q \vee (p \rightarrow r)), \neg r \rightarrow p \wedge \neg q \therefore \neg q \vee r \rightarrow s$                  | <span style="background-color: #ffcc99; border: 1px solid black; padding: 2px;">ungültig</span> |
| 5. $\neg(\neg p \vee (q \rightarrow \neg r)), r \rightarrow s \wedge t \therefore t \vee \neg q$                                | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |
| 6. $p \wedge q \rightarrow r, q \vee \neg r \therefore p \rightarrow (q \rightarrow r) \wedge (r \rightarrow q)$                | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |
| 7. $\neg(\neg p \vee \neg q) \rightarrow r, r \wedge (p \wedge q) \rightarrow p \wedge s \therefore \neg(p \wedge q) \vee s$    | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |
| 8. $p \vee \neg p \rightarrow q, \neg(\neg r \vee \neg s), t \rightarrow p \wedge \neg p \therefore (q \wedge s) \wedge \neg t$ | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |
| 9. $p \vee q \therefore ((p \rightarrow q) \rightarrow q) \wedge (\neg q \rightarrow p)$  | <span style="background-color: #99ff99; border: 1px solid black; padding: 2px;">gültig</span>   |

3: **Repräsentation:**  $p \therefore q \leftrightarrow q$ .

**Lösung zu Übung 5.5.2.** Das folgende Argument war in Übung 3.4.1 bereits durch eine Argumentform zu repräsentieren.<sup>3</sup>

Der Papst ist Deutscher. Daher tritt Österreich am 1. Januar 2013 genau dann aus der EU aus, wenn Österreich dies tut.

(i) Überprüfen Sie, ob die nämliche Argumentform gültig ist.

**Antwort:** Sie ist gültig.

(ii) Entspricht das Ergebnis aus (i) Ihrer Intuition?

**Bemerkung:** Diese Antwort müssen Sie selbst überlegen.

**Lösung zu Übung 5.5.3.** Das folgende Argument war in Übung 3.4.2 bereits durch eine Argumentform zu repräsentieren.

Bad Goisern ist die Hauptstadt von Oberösterreich  
und Bad Goisern ist nicht die Hauptstadt von Ober-  
österreich. Daher existiert Gott.

Repräsentation:  $p \wedge \neg p \therefore q$ .

- (i) Überprüfen Sie, ob die nämliche Argumentform gültig ist.

**Antwort:** Sie ist **gültig**.

- (ii) Ist dieses Argument ein Beweis für die Existenz Gottes?

**Antwort:** Nein, denn die Prämissen können nicht wahr sein.

### 5.3 Zusatzübungen

**Zusatzübung 5.1.** Stellen Sie mit Hilfe von Wahrheitstafeln fest, welche der folgenden Formeln tautologisch, kontradiktiorisch bzw. kontingent sind.

1.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow \neg q$
2.  $p \rightarrow (q \rightarrow p)$
3.  $p \rightarrow (q \vee \neg q)$
4.  $p \rightarrow \neg p$
5.  $\neg p \rightarrow (p \rightarrow q)$
6.  $(p \wedge \neg p) \rightarrow q$
7.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)$
8.  $\neg(p \rightarrow \neg p)$
9.  $p \leftrightarrow \neg p$
10.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$

**Zusatzübung 5.2.** Stellen Sie mit Hilfe von Wahrheitstafeln fest, welche der folgenden Argumenten gültig sind.

1.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \therefore \neg q$
2.  $p \therefore (q \rightarrow p)$
3.  $p \therefore (q \vee \neg q)$
4.  $p \therefore \neg p$
5.  $\neg p \therefore (p \rightarrow q)$
6.  $(p \wedge \neg p) \therefore q$
7.  $\therefore (p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)$
8.  $\therefore \neg(p \rightarrow \neg p)$
9.  $\therefore p \leftrightarrow \neg p$
10.  $\therefore (p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$

### 5.3.1 Lösungen

Lösung zu Zusatzaübung 5.1.

1.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow \neg q$  kontingent

		$\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \rightarrow \neg q$			
$p$	$q$	$f$	$w$	$w$	$w f$
$w$	$w$	$f$	$w$	$f$	$w w$
$w$	$f$	$w$	$f$	$f$	$w w$
$f$	$w$	$w$	$w$	$f$	$f f$
$f$	$f$	$w$	$w$	$f$	$w w$

④      ②      ③      ⑤ ①

2.  $p \rightarrow (q \rightarrow p)$  tautologisch

3.  $p \rightarrow (q \vee \neg q)$  tautologisch

4.  $p \rightarrow \neg p$  kontingent

5.  $\neg p \rightarrow (p \rightarrow q)$  tautologisch

6.  $(p \wedge \neg p) \rightarrow q$  tautologisch

7.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)$  tautologisch

8.  $\neg(p \rightarrow \neg p)$  kontingent

9.  $p \leftrightarrow \neg p$  kontradiktatorisch

10.  $(p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$  tautologisch

Lösung zu Zusatzaübung 5.2.

1.  $\neg((p \rightarrow q) \wedge p) \therefore \neg q$  nicht gültig

2.  $p \therefore (q \rightarrow p)$  gültig

3.  $p \therefore (q \vee \neg q)$  gültig

4.  $p \therefore \neg p$  nicht gültig

5.  $\neg p \therefore (p \rightarrow q)$  gültig

6.  $(p \wedge \neg p) \therefore q$  gültig

7.  $\therefore (p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow r)$  gültig

8.  $\therefore \neg(p \rightarrow \neg p)$  nicht gültig

9.  $\therefore p \leftrightarrow \neg p$  nicht gültig

10.  $\therefore (p \rightarrow q) \vee (q \rightarrow p)$  gültig



# 6

## Aussagenlogisches Herleiten

### 6.1 Vorbereitung

In Übung 6.3 wird folgendes gefragt:

Hier sind in der Prämisse Klammern verloren gegangen. Was könnte gemeint sein?

Also, es kann sinnvoll sein, die Formel  $,p \wedge q \wedge r'$  entweder als  $,(p \wedge q) \wedge r'$  oder als  $,p \wedge (q \wedge r)'$  zu interpretieren. Beide Formeln sind jedoch logisch äquivalent (dies kann durch eine Wahrheitstabelle oder eine Herleitung bestätigt werden). Daher ist es problemlos möglich, die Klammern wegzulassen. Die Herleitungen der Formeln erfolgen jedoch nicht auf exakt dieselbe Weise. Die Formel  $,(p \wedge q) \wedge r'$  kann wie in der letzten Übung bewiesen werden. Jetzt verwenden wir die Formel  $,p \wedge (q \wedge r)'$  als Prämisse.

**Aktivierungselement 6.1.** Beweisen Sie die folgende Schlüsse mit Hilfe einer Herleitung:

1.  $(p \wedge q) \wedge r \vdash p \wedge (q \wedge r)$
2.  $p \wedge (q \wedge r) \vdash (p \wedge q) \wedge r$
3.  $\vdash ((p \wedge q) \wedge r) \leftrightarrow (p \wedge (q \wedge r))$

6.1 Vorbereitung . . . . .	89
6.2 Übungen . . . . .	90
6.2.1 Lösungen . . . . .	91
6.3 Zusatzübungen . . . . .	98
6.3.1 Lösungen . . . . .	99

## 6.2 Übungen

**Übung 6.** Führen Sie die Herleitungen zu folgenden deduktiv gültigen Schlüssen durch.

1.  $p \rightarrow q \vee (r \wedge s), t \rightarrow q \vee (r \wedge s) \vdash p \vee t \rightarrow q \vee (r \wedge s)$
2.  $(p \wedge q) \wedge r \vdash r \vee s$
3.  $p \wedge q \wedge r \vdash r \vee s$
4.  $p \vee q, p \rightarrow r, \neg r \vdash q \vee s$
5.  $(p \wedge q) \vee r, r \rightarrow \neg q, \neg\neg(q \wedge r) \vdash p$
6.  $(p \wedge q) \wedge r, p \rightarrow \neg s, q \rightarrow \neg t \vdash \neg s \wedge \neg t$
7.  $\neg p \wedge q, p \vee (r \rightarrow \neg q), \neg r \rightarrow \neg\neg(s \wedge t), \neg\neg t \vee r \vdash s \wedge t$
8.  $p \vee (q \wedge \neg q) \vdash p$
9.  $p \vee q, p \vee \neg q \vdash p$
10.  $p \rightarrow q, p \rightarrow \neg q \vdash \neg p$
11.  $p \rightarrow q \vdash \neg(p \wedge \neg q)$
12.  $\neg p \vee \neg q \vdash \neg(p \wedge q)$
13.  $p \rightarrow (q \rightarrow r) \vdash p \wedge q \rightarrow r$
14.  $p \rightarrow q \vdash p \wedge r \rightarrow q \wedge r$
15.  $p \rightarrow q, p \vee r \vdash q \vee r$
16.  $p \rightarrow \neg p \vdash \neg p$
17.  $p \wedge (q \vee r) \vdash (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$
18.  $\neg(p \vee q) \vee (s \rightarrow t), p \wedge s, t \rightarrow r \vdash r$

### 6.2.1 Lösungen

**Lösung zu Übung 6.** Führen Sie die Herleitungen zu folgenden deduktiv gültigen Schlüssen durch.

$$1. \ p \rightarrow q \vee (r \wedge s), t \rightarrow q \vee (r \wedge s) \vdash p \vee t \rightarrow q \vee (r \wedge s)$$

#### Antwort

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. $p \rightarrow q \vee (r \wedge s)$         | (P1)           |
| 2. $t \rightarrow q \vee (r \wedge s)$         | (P2)           |
| 3. $\parallel p \vee t$                        | (KB-Annahme)   |
| 4. $\parallel \parallel p$                     | (FU-Annahme 1) |
| 5. $\parallel \parallel q \vee (r \wedge s)$   | 1., 4. (MP)    |
| 6. $\parallel \parallel \neg p$                | (FU-Annahme 2) |
| 7. $\parallel \parallel t$                     | 3., 6. (DS1)   |
| 8. $\parallel \parallel q \vee (r \wedge s)$   | 2., 7. (MP)    |
| 9. $\parallel q \vee (r \wedge s)$             | 4.–6. (FU)     |
| 10. $p \vee t \rightarrow q \vee (r \wedge s)$ | 3.–9. (KB)     |

$$2. \ (p \wedge q) \wedge r \vdash r \vee s$$

#### Antwort

- |  |            |
|--|------------|
| 1. $\underline{(p \wedge q) \wedge r}$ | (P1)       |
| 2. $r$                                 | 1. (SIMP2) |
| 3. $r \vee s$                          | 2. (ADD1)  |

$$3. \ p \wedge q \wedge r \vdash r \vee s$$

#### Antwort

- |  |            |
|--|------------|
| 1. $\underline{p \wedge (q \wedge r)}$ | (P1)       |
| 2. $q \wedge r$                        | 1. (SIMP2) |
| 3. $r$                                 | 2. (SIMP2) |
| 4. $r \vee s$                          | 3. (ADD1)  |

$$4. \ p \vee q, p \rightarrow r, \neg r \vdash q \vee s$$

Antwort	
1.	$p \vee q$ (P1)
2.	$p \rightarrow r$ (P2)
3.	$\neg r$ _____ (P3)
4.	$\neg p$ 2., 3. (MT)
5.	$q$ 1., 4. (DS1)
6.	$q \vee s$ 5. (ADD1)

$$5. \ (p \wedge q) \vee r, r \rightarrow \neg q, \neg\neg(q \wedge r) \vdash p$$

Antwort	
1.	$(p \wedge q) \vee r$ (P1)
2.	$r \rightarrow \neg q$ (P2)
3.	$\neg\neg(q \wedge r)$ _____ (P3)
4.	$q \wedge r$ 3. (DN2)
5.	$r$ 4. (SIMP2)
6.	$\neg q$ 2., 5. (MP)
7.	$q$ 4. (SIMP1)
8.	$p$ 6., 7. (ECQ)

$$6. \ (p \wedge q) \wedge r, p \rightarrow \neg s, q \rightarrow \neg t \vdash \neg s \wedge \neg t$$

Antwort	
1.	$(p \wedge q) \wedge r$ (P1)
2.	$p \rightarrow \neg s$ (P2)
3.	$q \rightarrow \neg t$ _____ (P3)
4.	$p \wedge q$ 1. (SIMP1)
5.	$p$ 4. (SIMP1)
6.	$\neg s$ 2., 5. (MP)
7.	$q$ 4. (SIMP2)
8.	$\neg t$ 3., 7. (MPP)
9.	$\neg s \wedge \neg t$ 6., 8. (KON)