

Gutachten

Analyse und Bewertung
von vorliegenden Beschwerdedateien zu Flugbewegungen am Flughafen
Frankfurt im Hinblick auf die Abhängigkeit vom Überflugpegel und
anderen Bedingungen

Dr. Joachim Kastka
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

Düsseldorf
1999

Im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main

1. Einleitung.....	3
1.1 Ausgangsüberlegungen	3
1.2 Einführung in die Zielsetzung der Analyse und deren Datengrundlagen...	4
2. Methodische und empirische Grundlagen der Analyse.....	6
2.1 Beschwerdeführerdatei.....	6
2.2. Datenverarbeitung	6
2.3 Zuordnung der Protokolle zu Ortslagen und Flugpfaden	7
2.4 Bestimmung der L_{max} -Werte der beschwerdeauslösenden Überflugereignisspegel	7
2.5 Berechnung der Fluglärmbelastung in den Ortslagen der Beschwerdeführer	8
2.6 Andere Daten.....	9
3. Ergebnisse.....	9
3.1 Analyse der L_{max} - Werte der Beschwerdefälle: Vergleich der L_{max} -Werte der Beschwerdeereignisse mit mittlerem L_{max} der Überflugereignisse des Wohngebiets / Ortslage der Beschwerdeführer	9
3.2 Analyse der Bedingungen für das Auftreten hoher Überflugpegel	11
3.3 Ermittlung der Maschinentypen mit besonders hohem Störpotential.....	13
3.4 Vergleich Überflugpegel und Typensollpegel	14
3.5 Vergleich der Häufigkeit von beschwerdeauslösenden Überflügen und Bewegungshäufigkeit von Maschinentypen	15
3.6 Prognostischer Vergleich: Beschwerdehäufigkeit der Flugzeugtypen und der Veränderung der Bewegungszahlen der Typen im Maschinenpark 1995 – 1998.....	16
3.7 Unterschiede bei Start und Landung: Häufigkeit und Maschinentypen ...	16
3.8 Bewertung von Maschinentypen und Düsseldorfer Untersuchung zu Maschinentypen und Überflugpegeln	17
3.9 Kursablagen.....	18
3.10 Start/Landebetrieb und Abstand/Entfernung zum Flugpfad.....	19
3.11 Tagesverlauf der Beschwerdeaktivität.....	21
3.12 Zusammenhänge von Destination und Tageszeitverlauf zur Beschwerdeaktivität	22
3.13 Region und Tageszeitverlauf der Beschwerden	23
3.14 Verteilung der Beschwerden Tag/Nacht nach Region, Ortslage und Flugpfad	24
3.15 Wochentag	24
3.16 Monat/Jahreszeit	25
3.17 Beschwerdehäufigkeit und Belastung der Ortslagen.....	25
4. Zusammenfassung	27
5. Anhang: Methodische und Konzeptionelle Grundlagen	29
5.1 der Energetische Mittelungspegel L_{eq}	29
5.2 das Belastungs - Belästigungsmodell.....	29
5.3 das Belästigungsmaß $HA\%$	30

5.4 der L_{\max} als Merkmal eines Überflugereignisses	31
5.5 das Konzept der Störschwelle: L_{\max} 70dB(A) und der Störmengenindex NAT70.....	32
5.6 die NAT70 Hypothese zum Belastung- Belästigungszusammenhang: Anwohner reagieren auf die Menge der belästigungsrelevanten Überflugereignisse	32
5.7 die Aktiv-Passiv-Hypothese: Moderator Fluglärmprotest.....	33
5.8 die Flugfadennutzzeithypothese: Integration der Belastungserfahrung nur während der Nutzungsperioden von Flugpfaden	34
6. Anhang 1: Abbildungsverzeichnis	36
7. Anhang 2: Tabellenverzeichnis	41
8. Anhang 3: Verräumlichte Darstellung der Ergebnisse: Kartenübersichten und Polarkoordinatentabellen von Merkmalen der Überflugereignisse nach Ortslagen (Zeilen) und Flugpfaden (Spalten); Protokollblatt und Kodierungsplan	42
9. Literatur	44

1. Einleitung

1.1 Ausgangsüberlegungen

Die Bearbeitung der Fragestellung erfolgt in Anknüpfung an folgende Grundlagenkonzepte der Fluglärmforschung:

- das Beschwerde (Complainence) -Konzept
- das Belästigungs (Annoyance) -Konzept
- die Störung durch das einzelne Überflugereignis: L_{\max} und andere akustisch und nichtakustisch relevante Merkmale der Störsituation
- das L_{\max} - Konzept und den L_{eq}
- die Beziehung von Belastungsparameter und Belästigungswirkung (Dose – Response - Beziehung)
- Merkmale von Beschwerdeführern
- das Problem der Verteilung und Abschätzung von Merkmalen der Gesamtbelastung

Die methodischen und theoretischen Grundlagen sind im Anhang 5 skizziert.

Die Gesamtbelastung liegt zum Zeitpunkt der Bearbeitung nur aus dem Datenerfassungssystem für 1995 und 1998 vor, während Beschwerden der Jahre 1995, 1996, 1997 sowie der ersten 5 Monate 1998 ausgewertet werden. Eine Untersuchung dieser Art ist zu Beschwerdefällen bisher nicht durchgeführt worden. Aus diesem Grund wurde eine umfangreiche Darstellung des Materials und der Ergebnisse in Abbildungen, Tabellen und veräumlichte Darstellungstechniken vorgenommen, die in getrennten Anhängen 1, 2 und 3 unter Punkt 6, 7 und 8 aufgeführt sind. Zu Zwecken der Veranschaulichung wurde eine Reihe von Ergebnissen in veräumlichter Darstellung wiedergegeben. Diese Abbildungen sind in Anhang 8 enthalten. Die kausale Verknüpfung zwischen Standort des Beschwerdeführers, Flugpfad und beschwerdeauslösendem Flugereignis verdeutlichen die Polarkoordinatendarstellungen, die für eine Reihe von relevanten Merkmalen der Beschwerdesituationen im Anhang 8 ebenfalls zu sehen sind. Grundlegendes Merkmal dieses Datensatzes ist der Tatbestand, dass zwischen einem Flugereignis und einer Anwohnerreaktion eine direkte kausale Beziehung besteht, und dass gleichzeitig durch Flughafen, Flugsicherung und den Fluglärmbeauftragten eine Reihe von Merkmalen zusammengestellt wurden, die diese Situationen beschreiben. Hierdurch unterscheidet sich dieser Datensatz von den üblichen Erhebungsverfahren, in denen Schallmessungen und Wirkungserhebungen getrennt erhoben werden und nur korrelative Interpretationen zulassen.

Die physikalisch-akustischen Berechnungen wurden von Dipl.- Phys. M. Faust durchgeführt.

1.2 Einführung in die Zielsetzung der Analyse und deren Datengrundlagen

Erarbeitet wird eine Darstellung von deskriptiven, typologischen Merkmalen, die Einzelereignisbeschwerden bei beschwerdeauslösenden Überflügen kennzeichnen. Dies erfolgt auf der Basis des Datenmaterials von Beschwerdeprotokollen, das vom Fluglärmbeauftragten des Flughafen Frankfurt über die im Zeitraum 01.01.95 bis 30.05.98 eingehenden Beschwerden zum Flugbetrieb zusammengestellt wurde. Aufgabe ist es, das Material daraufhin zu analysieren, welche Zusammenhänge zwischen flugbetriebstechnischen Merkmalen (Maschinentyp, Betriebsmanöver, Kursablage, Abstand Flugpfad – Anwohner, Überflugpegel L_{max}), der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Beschwerdeereignisse und anderen Bedingungen bestehen, um Hinweise auf begünstigende bzw. mindernde Bedingungen von Beschwerden über Fluglärm zu erhalten.

Kenntnisse dieser Bedingungen sind Voraussetzung einer betrieblichen Optimierungsstrategie zur Vermeidung von beschwerdeauslösenden Belastungen durch den Fluglärm.

Nachteilig ist bei dieser Aufgabenstellung, dass Vergleichsdaten über die Flugereignisse, die nicht zu Beschwerden führen, nicht existieren.

Im Vordergrund steht eine Abschätzung des maximalen Überflugpegels L_{max} der Beschwerdefälle, da die Annahme besteht, dass bei Beschwerden zu Einzelereignissen das überdurchschnittliche Ausmaß dieses Kennwerts eine zentrale Rolle bei der Auslösung der Beschwerde spielt. Für diesen Parameter besteht die Möglichkeit einer Abschätzung der Grundverteilung der Belastung der Anwohner mittels des akustischen Rechenprogramms und der Daten des Betriebssystems DES.

Aus den Daten der Protokolle ist der Flugpfad der beschwerdeauslösenden Ereignisse zu rekonstruieren, aus Kenntnis der Position, weiterer Merkmale des Flugzeugs und Flugbetriebs sowie der Position des Beschwerdeführers ist der Wert des Überflugpegels L_{max} des Beschwerdeereignisses zu berechnen.

Es werden die Merkmale der Überflugereignisse mit Parameterwerten der durchschnittlichen Belastung der Anwohner des Wohngebiets durch Fluglärm verglichen.

Der Vergleich (der an Hand eines Rechenmodells geschätzten) L_{max} -Verteilung der Beschwerdeereignisse mit der durchschnittlichen Belastung der Beschwerdeführer durch Flugereignisse von Flugpfaden, die an oder über ihrem Wohngebiet (Ortslage) vorbei führen, soll Aufschluß geben, in welchem Umfang die Einzelereignisbeschwerde als typisch für die Belastung mit Fluglärm angesehen werden kann oder nicht.

Für die Berechnung der Durchschnittsbelastung wird ein akustisches Rechenprogramm (Cadna) benutzt, mit welchem eine Reihe von Modellberechnungen am Düsseldorfer Flughafen durchgeführt wurden. Die berechneten Daten wurden an umfangreichen, empirischen und akustischen Meßserien überprüft und erwiesen sich für die rechnerische Bestimmung von L_{\max} -Verteilungen an Flugpfaden als sehr zuverlässige Prediktoren der empirisch ermittelten Werte.

Zentrale Fragen an die Daten:

- Sind beschwerdeauslösende Überflüge typisch oder untypisch für den Durchschnittsbetrieb?
- Sind Start- und Landebetrieb vergleichbar bzgl. ihrer Störkapazität bei der Auslösung von Beschwerden?
- Sind Start- und Landepfade unter Berücksichtigung ihrer betriebstechnischen Merkmale und räumlichen Koordinaten vergleichbar im Hinblick auf ihre Kapazität, Beschwerden auszulösen?
- Werden Beschwerden von Fluggeräten bzw. situativen Randbedingungen ausgelöst, die in Flottenzusammensetzung und Betriebsablauf
 - häufig oder selten auftreten
 - trendmässig zunehmen oder abnehmen,
 - im Tag und/oder Nachtbetrieb besonders auffallen
 - auf bestimmten Flugpfaden besonders auffällig sind?
- Steht die Beschwerdeaktivität der Anwohner der Ortslagen in Beziehung zur Belastung der Ortslagen mit Fluglärm?
- Steht die Beschwerdeaktivität der Anwohner der Ortslagen gegenüber Fluglärm in Beziehung zur Belästigung der Allgemeinbevölkerung der Ortslagen durch Fluglärm?

Bei der Überprüfung solcher Fragen ist nachteilig, dass die Grundgesamtheit der Merkmale von Überflügen nicht bekannt ist, da Daten von nicht beschwerdeauslösenden Überflügen fehlen. Nur im Fall des Jahres 1995 liegen Betriebsdaten (DES1995) und die Beschwerden 1995 vollständig vor.

Die Verteilung der L_{\max} -Werte der Beschwerdefälle ist daher nur mit der nach Cadna berechneten L_{\max} -Verteilung der durchschnittlichen Gesamtbelastung Jahreswerte 1995 zu

vergleichen, um zu prüfen, ob und in welchem Ausmaß die Überflugpegel der Beschwerdeereignisse von den durchschnittlichen Überflugpegeln der Gesamtbelastung abweichen.

2. Methodische und empirische Grundlagen der Analyse

2.1 Beschwerdeführerdatei

1.521 Beschwerdeprotokolle aus neun Orten der Umgebung des Flughafen Frankfurt wurden zur Auswertung zur Verfügung gestellt, 1.517 Beschwerdeprotokolle sind im Endeffekt in die Auswertung eingeflossen. Der Zeitraum, in dem diese Beschwerden beim Fluglärmbeauftragten des Flughafen Frankfurt eingegangen sind, liegt zwischen dem 01.01.1995 und dem 31.05.1998. Diese Protokolle enthielten in der Regel Aufzeichnungen über Einzelereignisbeschwerden. 1.370 Protokolle erwiesen sich als tatsächliche Einzelereignisbeschwerden, in denen ein bestimmtes Flugzeug Anlaß zur Beschwerde gab, der Rest bezog sich auf allgemeine Beschwerden über den Flugverkehr (kein direkter Bezug auf ein Einzelereignis). Im weiteren Verlauf der Datenverarbeitung erwiesen sich für die akustische Auswertung 962 Protokolle als vollständig auswertbar. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden die personenbezogenen Daten bis auf Wohnort und Straße aus den Protokollen entfernt (Schwärzung). Eine personenbezogene Analyse ist damit nicht durchführbar. Wohnort und Straße waren für die Zuordnung zu Flugpfad, Distanz und Überflugeignis mindestens erforderlich, um Belastung und Überflugpegel zu berechnen.

2.2. Datenverarbeitung

Die Aufarbeitung der Daten der Protokollinformationen zu einer mit quantitativen Verfahren bearbeitbaren Datenmatrix erfolgte in mehreren Schritten. Die Kopie eines Protokollblatts ist im Anhang (**8.Anhang 3, A38**) wiedergegeben. Der erste Schritt bestand in der Umwandlung der Protokollinformation nach einem Kodierungsplan in standardisierte kategoriale oder numerische Variable, der zweite Schritt in der Eingabe der kodierten Variablenwerte in eine Computerdatei. Die Informationen der Protokolle wurden in standardisierter Form – nach vorgegebenen Kategorien - kodiert und dann zu einem System von 59 Variablen verarbeitet, eine Liste der Variablen und das Kodierungsschema ist im Anhang wiedergegeben (**8.Anhang 3, A39**). Die Dateneingabe erfolgte mit dem Programm Access mittels einer

Dateieingabemaske für die vorliegenden Variablenwerte. Es entstand eine Datenmatrix , in welcher die 1.521 Beschwerdeprotokolle die Zeilen und die zugehörigen 59 Merkmale die Spalten bilden. Die Durchführung der Datenaufbereitung wurde von Frau Sonja Losberg durchgeführt. Die Auswertung dieser Matrix erfolgte mit dem Datenverarbeitungsprogramm SPSS Version 8.0/9.0.

2.3 Zuordnung der Protokolle zu Ortslagen und Flugpfaden

Für die Zuordnung zu Flugpfaden wurde als Kartengrundlage eine Zusammensetzung von Blättern der topographischen Karte 1:50.000 (Hessisches Landesvermessungsamt Wiesbaden Vervielfältigungsnr.: 89/1/197) verwendet, welche die Standard- Instrumenten- An- und Abflugstrecken für die Bahnen 07/25LR und Standardabflugstrecken der Startbahn 18 enthielt, unter Korrekturen für die Route DF46, 46a, 47 TO KNG nach Angaben des Fluglärmbeauftragten der Hessischen Landesregierung für den Flughafen Frankfurt. Für die genauen Bestimmungen der individuellen Abstände wurden zusätzliche Kartenwerke und Stadtpläne 1:20.000 herangezogen.

Die Positionierung aller Protokolle erfolgte auf der Strassenmitte im bebauten Bereich. Eine Abstandsbestimmung wurde zum beschwerdeauslösenden Flugpfad vorgenommen. Die Zusammenfassung von benachbarten, räumlich verdichteten Beschwerdeführerpositionen zu Ortslagen erfolgte unter Berücksichtigung der akustischen Gesichtspunkte. Zuordnungsregel war, dass in einer Ortslage die Pegelunterschiede nicht größer als 3 dB(A) im L_{eq} Tag waren. Auf Grund dieser Homogenisierungsbedingung war es notwendig für eine Reihe von Orten (z.B. Raunheim, Offenbach und Mörfelden) mehrere Ortslagen einzurichten, die eine kleinräumigere und präzisere Auflösung der Position der Beschwerdeführer in insgesamt 34 Aufpunkte zulassen. Eine gröbere Einteilung in 24 Orte erwies sich für bestimmte Aufgabenstellungen als zweckmäßig. Die Anordnung von Orten der Beschwerdeführer ist in **6.Anhang 1 Abb. 1b**, die der zugehörigen Flugpfade in **6.Anhang 1 Abb. 1a und 1b** wiedergegeben. In **Abb. 1a** sind die Flugpfade nach dem Datenerfassungssystem gekennzeichnet, in **Abb. 1b** nach dem berichtsinternen Codesystem.

2.4 Bestimmung der Lmax-Werte der beschwerdeauslösenden Überflugereignisspegel

Die Berechnung des maximalen Schallpegel des Überflugeignisses beim Anwohner erfolgte auf Grundlage der Abstandsmasse, die nach Auswertung von Karten (in 2.3 beschrieben) berechnet wurden.

Die Berechnung des Abstandes Anwohnerposition / nächste Überflugposition Flugzeug erfolgte unter Verwendung der aus Radaraufzeichnungen ermittelten Positionsangaben Höhe (in foot), Ablage von der Ideallinie (in 100m Intervallen), Richtung der Ablage und Flugpfad. Kursablagen vom Flugpfad waren in etwa 50% der Fälle gegeben.

Den Berechnungen liegt die vereinfachte modellhafte Vorstellung zu Grunde, daß der Schallpegel maximal wird, wenn der Abstand zum Flugzeug minimal wird.

Dieser Abstand (Ist- Wert) wurde vom Wohnort des Beschwerdeführers zum Flugzeug unter Verwendung der Protokolldaten aus Flughöhe, Abstand zum Flugpfad und Ablage bestimmt **(6.Anhang 1 Abb. 2a)**.

Ein zweiter Abstand (Sollwert) wurde ohne Berücksichtigung der Ablage berechnet. Die maximalen Schallpegel ($L_{\max \text{ ist}}$ und $L_{\max \text{ soll}}$) beim Anwohner wurden als Schallpegel der entsprechenden Flugzeuggruppe gemäß den Pegel- Abstandstabellen der AzB bestimmt **(6.Anhang 1 Abb. 2b)**. Für die Berechnungen wurden die Flugzeugtypen in das 21 Kategorien enthaltende Typen- Gruppensystem eingeordnet, das dem Daten- Erfassungssystem (DES) des Flughafens Frankfurt zugrunde liegt **(7. Anhang 2 Tabelle T4)**. Dieses System ist differenziert , aber unübersichtlich und führt bei Analysen zu sehr kleinen Fallzahlen. In der **Tabelle T4** ist auch das für die berichtsinternen Arbeiten entwickelte vereinfachte Gruppensystem mit 9 Kategorien wiedergegeben, das sich für die wissenschaftlichen Analysen der Daten als manchmal zweckmäßiger erwies.

Die Flugzeuggruppen wurden nicht nach ihrer Auslastung beim Start (Gruppenkennzeichnung a und b) unterschieden, da die Flughöhe aus den Protokollen bekannt ist und das Steigverhalten der Maschine für die Berechnung hier keine Rolle spielt.

2.5 Berechnung der Fluglärmbelastung in den Ortslagen der Beschwerdeführer

Für die Bestimmung der Belastung wurde der räumliche Schwerpunkt der entsprechenden Ortslagen ermittelt und in Gauß- Krüger- Koordinaten nach der oben erwähnten Karte (89/1/197) 1:50.000 angegeben.

Die Berechnung der Pegelverteilungen L_{\max} , der Dauerschallpegel L_{eq} und der Überschreitungshäufigkeiten NAT70 wurde gemäß der AzB durchgeführt. Hierzu wurde die professionelle Schallmissionssoftware Cadna verwendet. Für die Berechnungen wurden die Daten des Flughafens Frankfurt (Definitionspunkte, Bahngeometrien und Flugpfadgeometrien

und Flugfadbelegungen) verwendet. Die Zusammenfassung der einzelnen Flugzeugtypen in Gruppen und deren akustische Bewertung wurden nach AzB – Entwurf Umweltbundesamt II 5.1 – 60 112/5 vorgenommen. Den Berechnungen liegen die Daten der sechs verkehrsreichsten Monate der Jahre 1995 und 1998 (Datenerfassungssystem, DES) zugrunde, welche vom Flughafen Frankfurt zur Verfügung gestellt wurden. Bei den Berechnungen wurde für den L_{eq3} und den NAT70 nicht nur das 180 Tage- Mittel (AzB), sondern auch die Belastung bei reinen Start- oder Landeszenarien, berechnet. Der Grund für diese Vorgehensweise liegt in der sich erhaltenden Erkenntnis, dass sich die Langzeitbelästigungsreaktion (Störung des Wohlbefindens) von Anwohnern bei Fluglärm nicht am Belastungsmittel von 180 Tagen, sondern am Flugfad im Betriebszustand der Belastung orientiert (**Siehe 5 Anhang: Methodische und konzeptionelle Grundlagen: 5.8 Flugfadnutzzeithypothese**). Wenn ein Flugfad aus meteorologischen Gründen nicht in Betrieb ist, vermindert dies den L_{eq} , nicht aber das Ausmaß der Langzeit-Belästigungsreaktion des Anwohners.

2.6 Andere Daten

Für die Behandlung der Frage, ob die Beschwerdedaten einen Hinweis auf die Störung der Allgemeinbevölkerung durch Fluglärm geben, wurden Daten einer Felduntersuchung herangezogen, die 1998 von der Universität Düsseldorf am Frankfurter Flughafen in 35 Stichproben mit jeweils mindestens 30 Personen durchgeführt wurde. Diese Untersuchung stimmt in 12 Gebieten mit jeweils einer oder mehreren Stichproben mit den Ortslagen der Beschwerdeführer überein. Für die Bewertung von Überflugpegeln werden Ergebnisse einer Untersuchung an 26 Düsseldorfer Anwohnern herangezogen, die ca. 2.300 Überflüge ihres Wohngebiets bewerteten .

3. Ergebnisse

3.1 Analyse der L_{max} - Werte der Beschwerdefälle: Vergleich der L_{max} -Werte der Beschwerdeereignisse mit mittlerem L_{max} der Überflugereignisse des Wohngebiets / Ortslage der Beschwerdeführer

Der Hauptbefund läßt sich wie folgt charakterisieren:

Die Überflugpegel in Beschwerdefällen liegen 14 dB(A) über den zu erwartenden Durchschnittspegeln L_{max} der untersuchten Ortslagen der Beschwerdeführer: 81,6 dB(A)

gegenüber 67,6 dB(A) im Durchschnitt der Ortslagen. Beschwerdefall auslösende Überflug-Ereignisse sind ca. 2,5 mal lauter als das durchschnittliche Flugereignis, also mehr als doppelt so laut wie der Durchschnitt.

Beschwerden haben demnach einen physikalisch erklärbaren Anlaß, der in der deutlich wahrnehmbaren Abweichung eines Überflugpegels von dem üblicherweise erlebten Überfluggeräusch liegt.

Mit Hilfe des unter 2.4 beschriebenen Verfahrens wurden die L_{\max} -Werte der 962 beschwerdeauslösenden Überflugereignisse berechnet, für die alle notwendigen Protokoll Daten vorlagen. Die Verteilung dieser Werte ist in **6. Anhang 1 Abb. 3 und 4a** wiedergegeben. Die Ortslagenmittelwerte für den L_{\max} der beschwerdeauslösenden Ereignisse sind in **7. Anhang 2 Tab. 3, Spalte 2** wiedergegeben.

Als Gesamtmittel ergibt sich über alle Ortslagen und Überflugereignisse der Wert von 81,7 dB(A).

Die Werte der Überflugpegel unter Ausschluß des Effekts der Kursablage wurden ebenfalls bestimmt und ergeben im Mittel über alle Ortslagen 78.0 dB(A) (**7. Anhang 2 Tab. 3 Spalte 3**).

Dies bedeutet, dass im Mittel über alle Daten der Effekt der Ablage auf die Pegelhöhe gering ist; dies erklärt sich aus der Tatsache, dass bei der Hälfte der Beschwerdefälle keine Ablage registriert wurde. In den Fällen ohne Ablage handelt es sich um Flugzeuge, die für den Anwohner sehr viel lauter sind als das übliche Fluggerät, so dass er sich beschwert.

Die häufigsten - absolut und relativ - Beschwerden ohne Kursablage verursachten Flugzeuge der Klasse S7 und S4, also schwere Flugzeuge und Militärflugzeuge.

Die durchschnittliche L_{\max} -Verteilung der Ortslagen wurde nach dem unter 2.5 beschriebenen Verfahren berechnet und ist in **7. Anhang 2 Tab. T2** für Tag und Nacht der Jahre 1995 und 1998 ortslagenweise dargestellt.

Tag- und Nachtwerte unterscheiden sich im Mittel nicht wesentlich und liegen im Gesamtmittel bei 67,6 dB(A) .

Die Differenzen zwischen dem durchschnittlichen L_{\max} aller Überflugereignisse der Ortslagen und dem in den Ortslagen ermittelten L_{\max} der Beschwerdeereignisse sind in **6. Anhang 1 Abb. 4b** dargestellt.

Die Differenz zwischen dem L_{\max} der beschwerdeauslösenden Überflugereignisse und der über die Ortslagen gemittelten Menge aller Überflugpegel L_{\max} liegt bei 14 dB(A). Schätzt man mit dem von Zwicker entwickelten Lautheitskonzept, nachdem ein 10 dB(A) Pegelanstieg etwa eine Verdopplung der subjektiv empfundenen Lautheit bedeutet, diese

Differenz in subjektiven Lautstärke- Empfindungszunahmen, so ergibt sich, dass beschwerdeauslösende Überflüge 2,4fach lauter sind als die durchschnittlichen Überflüge.

Diese Abschätzung basiert allerdings auf dem Vergleich von Tönen, im Bereich von 1000 Hz, also nicht auf komplex zusammengesetzten Geräuschen wie Fluglärm.

Anhaltspunkte für eine der Charakteristik des Flugzeuggeräusches angemessene Einordnung der Unterschiede geben eigene Daten zum Zusammenhang von L_{\max} und Sone von Fluggeräuschen. (**6.Anhang 1 Abb. 5**).

Bei einer Untersuchung am Flughafen Düsseldorf wurden 303 Überflüge bei durchschnittlicher Überflughöhe von 430m gemessen und sowohl der L_{\max} der Überflüge als auch die Lautheit in Sone- Werten der 1sec - L_{\max} - Pegel bestimmt. Aus dieser Beziehung (**Abb. 5**) ergibt sich, dass Fluglärmpegel bei $L_{\max} = 67$ dB(A) etwa 20 Sone und bei 81 dB(A) etwa 45 Sone aufweisen. Diese Schätzung über die Beziehung von Sone und L_{\max} , berechnet an konkreten Fluglärmereignisdaten, ergibt einen 2,25fach stärkeren Lautheitseindruck für beschwerdeauslösende Überflugereignisse gegenüber dem Durchschnittsereignis.

Die größten Überschreitungen des mittleren L_{\max} ergeben sich in den Ortslagen Raunheim, Weilbach und Mörfelden mit 18- 19 dB(A) über dem durchschnittlichen L_{\max} - Überflugpegel, was in Mörfelden 2 einer Steigerung der Lautstärke der üblichen Überflüge auf das 3 bis 3,5 - fache entspricht.

Interpretieren läßt sich dieser Befund als Hinweis dafür, dass bei beschwerdeauslösenden Ereignissen in der Regel ein erheblicher Unterschied zwischen dem üblichen oder durchschnittlichen Überflugereignis und der Situation im Beschwerdefall vorliegt. Es ist ein für den täglichen, durchschnittlichen Flugbetrieb keineswegs charakteristisches Ereignis. Die Zahl der Ereignisse, deren L_{\max} an den Ortslagen den Wert von 70 dB(A) überschreiten (NAT70 =Number Above Threshold L_{\max} 70), ist berechnet worden, im **Tabellenwerk 7. Anhang 2 Tabellen T1 – T2** angegeben und graphisch in **6. Anhang 1 Abb. 4c**. dargestellt. In **6. Anhang 1 Abb. 4d** sind die durchschnittlichen L_{\max} -Werte dargestellt, welche die tägliche Menge an Überflügen in den Ortslagen 1998 charakterisieren.

3.2 Analyse der Bedingungen für das Auftreten hoher Überflugpegel

Überflugpegel, die zu Beschwerden führen hängen von vier Faktoren ab. Der wichtigste ist der typenspezifische Pegel L_{\max} , der an den Flughafenmessstellen gemessen wird und hier, berichtsintern, als Typensollwert bezeichnet wird, ferner die Kursablage, der Abstand des Anwohners zum Flugpfad (Bodenprojektion) sowie die Flughöhe. Meteorologische Faktoren stehen in keinem direkten signifikanten Verhältnis zum Beschwerde auslösenden Pegel.

Temperatureffekte sind eindeutig mit der Beschwerdehäufigkeit in Abhängigkeit von der Jahreszeit verbunden, dies lässt sich nach Gruppierung der Daten nach zeitlichen Gesichtspunkten Monat und Jahreszeit darstellen (siehe Abschnitt 3.16).

Zur Aufklärung der Bedingungen, welche zur Ausprägung der Höhe des L_{\max} im Beschwerdefall beitragen, wurde eine multiple Regressionsanalyse mit folgenden Variablen durchgeführt:

- L_{\max} als Sollwert der Typen der Flughafen- Messstellen (durchschnittlicher Messwert über mehrere Monate für jeden Typ, Darstellung siehe Abschnitt Typen)
- Höhe über NN
- Abstand der Beschwerdeführer zum Flugpfad (Bodenprojektion)
- Kursablage vom Flugpfad
- Windgeschwindigkeit
- Temperatur
- Längsabstand = Abstand der Flugzeug zur Rollbahn (An/Abflugstreckenlänge)

Als wichtigster Faktor bei der Bestimmung erwies sich der am Flughafen gemessene typenspezifische Durchschnittspegel, der 24 % der Pegelausprägung bestimmt. Als zweiter Faktor ergab sich mit 17% die Kursablage, gefolgt vom Querabstand der Anwohner zum Flugpfad (Ideallinie ohne Kursablage) mit 15 %. Als weniger bedeutsame Beiträge ergaben sich Höhe und Windgeschwindigkeit mit $\leq 1\%$. Der typeneigene hohe Schallpegel ist hiernach die wesentlichste Ursache bei der Entstehung Beschwerde auslösender Schallpegel, unabhängig vom Abstand und von der Ablage. Dies bedeutet, dass typeneigene Lautstärke, Abstand des Anwohners vom Flugpfad, die Ablage des Flugzeugs und seine Flughöhe die wesentlichen Komponenten für das Entstehen von Beschwerde relevanten Pegeln sind, die sich gegenseitig verstärken können oder im Rahmen einer Optimierungsstrategie so eingebunden werden können, dass der Flugbetrieb weniger Beschwerdefälle auslöst.

Die aus 962 Datensätzen von Überflügen bestimmte Gleichung für den Maximalpegel, der aus den Protokolldaten als Überflug L_{\max} berechnet vorliegt, lautet:

$$L_{\max\text{Bes}} = 0,714 * L_{\max\text{typsoll}} [\text{dB(A)}] + 6,891 * 10^{-3} * K_{\text{ursablage}} [\text{m}] \\ - 4,498 * 10^{-3} * E_{\text{ntfernung Anw_Flugpf}} [\text{m}] - 3,799 * 10^{-3} * \text{Höhe} [\text{m}] + 29,64$$

Diese Gleichung ist nur für eine Abschätzung der Pegel im Fernfeld der Flugbewegungen geeignet, demonstriert aber die Zusammenhänge zwischen technischen und ökologischen

Bedingungen in hinreichender Weise. Auch geht aus diesem Modellansatz hervor, dass unter der Bedingung Kursablage Null bei lauten Flugzeugen und geringem Abstand der Anwohner zum Flugpfad und/oder geringer Höhe Beschwerde relevante Pegel auftreten können. Weitere multivariate Analysen wie die Dimensionsreduktion der physikalischen Protokollvariablen mittels Faktorenanalyse bestätigten dieses Konzept. Die Analyse der meteorologischen Daten Windgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windrichtung erbrachten keine Erkenntnisse, hinsichtlich eines wesentlichen Beitrags beim Zustandekommen des beschwerdeauslösenden L_{max} - Pegel. Diese Parameter erwiesen sich als nicht signifikant.

Zusammenfassend ergibt sich als wesentliche Erkenntnis, dass Flugzeuge mit hohem typenspezifischen Sollwert wie die B727, C5, C17 oder TU154 auch bei korrekter Einhaltung der Ideallinie Pegel erzeugen, die zu Protestverhalten führen.

3.3 Ermittlung der Maschinentypen mit besonders hohem Störpotential

Am Tag konzentrieren sich die Beschwerden auf drei Typenklassen S1, S4 und S7, in der Nacht auf die Typenklassen S4 und S7.

Auf Grund der vorangegangenen Analysen ist klar, dass dem Flugzeugtyp mit seiner spezifischen Akustik eine besondere Bedeutung bei der Beschwerdeentstehung zukommt. Die Zusammenfassung der protokollierten Flugzeuge erfolgt nach Bezeichnung des Typs auf elementarster Ebene und ergibt insgesamt 71 Typen. Die Einteilung der Typen mit ähnlichen akustischen Eigenschaften nach dem vom Frankfurter Flughafen verwendeten Datenerfassungssystem 95 und 98 ergibt 21 Gruppen (**7.Anhang2 Tab4**). Aus Gründen der vereinfachten Darstellung wurden diese Gruppen noch einmal in ein einfaches System mit 9 Obergruppe (Einfaches Gruppensystem P, S1 – S8) zusammengefaßt. **Anhang 2 Tab. T4** gibt die Typenverschlüsselung wieder auf allen drei Ebenen. In **6. Anhang 2 Tab. 6,7 und 8** sind eine Reihe von Merkmalen zur vereinfachten Gruppenklassifikation der Typen zusammengestellt, welche die Beschwerdesituationen hinsichtlich Gerätebeschaffenheit (Gewicht, Zertifizierung), flugbetriebstechnischer Merkmale (Überflugpegel, Kursablage, Betriebsrichtung, Betriebsart Start/Landung) meteorologischer Bedingungen (Wind, Temperatur), regionaler (Ost-/Süd-/Westlage der betroffenen Gebiete) und zeitlicher Verteilungen charakterisieren.

Die Verteilung der Beschwerden konzentriert sich auf die drei vereinfachten Typengruppen S1, S4 und S7 (**6.Anhang 1 Abb. 7**).

Am Tag fallen 68% aller Beschwerden auf diese drei Klassen (**6.Anhang 1 Abb. 8**). Zu S1 gehören Flugzeuge älterer Bauart vom Typ B727, Dc9 und TU154. Zu Klasse S7 gehören Großflugzeuge vom Typ B747, zur Klasse S4 überwiegend Militärflugzeuge vom Typ C5, C141 und sowie Maschinen, die nicht in Annex 16 zertifiziert sind.

Die nächtlichen Beschwerden fallen zu 65 % auf die Klassen S4 und S7. Nachts dominiert in der Beschwerdestatistik das Großflugzeug B747 mit 44% aller Beschwerden. Auf Typenebene aufgeschlüsselt sind diese Ergebnisse in den Abbildungen **6.Anhang 1 Abb. 9 – 11**.

Tags und nachts liegt das Militärflugzeug C5 an dritter Stelle, tags ist die B7272 und nachts die B7472 das am häufigsten störende Flugzeug.

3.4 Vergleich Überflugpegel und Typensollpegel

Bei den Typensollpegeln handelt es sich um empirisch ermittelte Messstellenwerte – in der Regel Langzeitmittel über die letzten 6 Monate des Flughafens Frankfurt, sie charakterisieren unter den Bedingungen des Frankfurter Flupfadsystems die Erwartungswerte für Flugzeugtypen und dienen der Kontrolle des Flugbetriebs. Diese Werte wurden von uns über alle Messstellen gemittelt, um Flugzeugtypen zu charakterisieren. Diese Mittelwerte und die gerechneten L_{max} -Überflugpegel der Typen im Beschwerdefall sind in **6. Anhang 1 Abb. 12, 12a, 12b und 13** dargestellt. Die Überflugpegel der Beschwerdeereignisse der Flugzeugtypen (**6. Anhang 1 Abb. 13**) und die Typensollpegel (**6. Anhang 1 Abb. 12**) korrelieren hoch miteinander, wie **6. Anhang 1 Abb. 14** zeigt. Dies ist ein Beleg für das aus den Regressionsanalysen entwickelte Modell, nachdem ein Großteil der Beschwerde auslösenden Merkmalskonfiguration im Flugzeugtyp selbst liegt. Einen Eindruck von der Störwirkung von Flugzeugtypen auf Anwohner (systematische Beurteilung über 8 Tage Flugbetrieb – vorwiegend Starts über das Wohngebiet Lohausen-) vermitteln die Abbildungen **6. Anhang 1 Abb.6a, 6b und 6c** und die auf diesen Ergebnissen basierenden Tabellen in **Abb. 6. Anhang 1 Abb.14a, b und c**.

Abbildung 6a zeigt für ausgewählte Flugzeuggruppen – alte Kurz- und Mittelstrecken-Baureihen von Boeing (727, 707, 737-200), schwerere Mittel- und Langstrecken- Flugzeuge vom Typ B767, modernere Kurz- und Mittelstrecken-Flugzeuge von Boeing (B7373,4,5 und 757) und leichte schnell steigende Kurzstrecken- Düsenflugzeuge vom Typ Canadair die typenspezifischen Beziehungen zwischen Höhe am Standard-Überflugort und zugehörigem Überflug- L_{max} , die Beziehung von Störanteil und Höhe (**6. Anhang 1 Abb. 6b**) und die Bewertung des L_{max} als Unzumutbar durch die exponierten Anwohner.

Es zeigt sich, dass die Überflughöhe einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung des Überflugpegels hat. Geringes Steigvermögen moderner Maschinen und grosses Gewicht wie z.B. beim Airbus A340 führen zu hohen Überflugpegeln und erzeugen Störwirkungen in Wohngebieten, die mit denen von veraltetem Gerät vergleichbar sind. Das Anwohnerurteil wird im wesentlichen durch die grössenmässige Ausprägung des Überflug-Lmax bestimmt. Leichte Kurzstreckenflugzeuge wie der Canadair mit gutem Steigvermögen und geringer Emissionsleistung erzeugen keine wesentlichen Störungen der Anwohner, selbst in so dicht am Flughafen positionierten Wohngebieten wie in Düsseldorf-Lohausen. Gleiches gilt für das am häufigsten auftretende Flugzeug B737,3,4,5 und die relativ schwerere B757, die in der Bewertung durch Anwohner (**6.Anhang 1 Abb.14a**) in die Klasse mit einem Störanteil von 0 – 25 % eingeschätzt werden. Bei Problemen der Optimierung von Fluglärmbelastung sollten diese Befunde mit herangezogen werden, allerdings besteht hier noch Forschungsbedarf im Hinblick auf die Komplettierung der Typenmuster im Bereich der schweren Flugzeuge, die in Düsseldorf nicht vorkommen.

3.5 Vergleich der Häufigkeit von beschwerdeauslösenden Überflügen und Bewegungshäufigkeit von Maschinentypen

Aus dem Vergleich von Bewegungshäufigkeit und Beschwerdehäufigkeit kann prinzipiell das relative Risiko für das Auftreten einer Beschwerde in einer bestimmten Flugzeuggruppe bestimmt werden. Das vorliegende Datenmaterial ist allerdings wegen des fehlenden DES 96 und 97 und der nur bis 5/98 reichenden Protokollsammlung nicht vollständig und ausreichend für eine solche Berechnung. Einen Einblick liefert die Gegenüberstellung der Daten der Bewegungshäufigkeit und Beschwerdehäufigkeit 1995 tags und nachts (**6.Anhang 1 Abb. 15 u. 16 sowie 15a, 15b**) für einige der Flugzeugklassen.

Für die Klassen S1(3/4), S4(4)a, S4(4)b und S7b (Frankfurter Typenschlüssel 95) zeigt sich auf Grund der hohen Beschwerdeanteile und geringen Anteilen an der Gesamtmenge der Bewegungen des Flughafens ein deutlich erhöhtes relatives Risiko.

Umgekehrt zeigt die Klasse S5-1h, auf die tags wie nachts nahezu 50% des Verkehrsaufkommens fallen, ein sehr niedriges relatives Risiko für eine Beschwerdereaktion.

Für sensible Tages- und Nachtzeiten ist dieses Gerät betriebsseitig als am wenigsten kritisch anzusehen und daher zu empfehlen, wenn es um die Minderung von Beschwerden geht.

3.6 Prognostischer Vergleich: Beschwerdehäufigkeit der Flugzeugtypen und der Veränderung der Bewegungszahlen der Typen im Maschinenpark 1995 – 1998

Die Veränderungen des Maschinenparks, aus dem 1995 und 1998 die Bewegungen zusammengesetzt sind, kann man aus dem DES entnehmen. Sie sind in **6.Anhang 1 Abb. 17 – 20** dargestellt. **Abb. 17 und 18** stellen die Halbjahreswerte 95 und 98 gegenüber für Tag und Nacht, **Abb. 19 und 20** die Unterschiede für die Flugzeuggruppen tags und nachts dar. Am stärksten ist der Zuwachs in Klasse S5 mit fast 30.000 Bewegungen tags und 2.500 Bewegungen nachts, der bezogen auf Beschwerden als unkritisch zu bewerten ist, ausgenommen der Anteil, der als S5-1h bezeichnet wird und z.T. aus umgebauten B727 Geräten besteht.

Aus Sicht der Beschwerdestatistik als problematisch ist der Zuwachs nachts in der Klasse S7 anzusehen, die unter den Beschwerde auslösenden Maschinen eine führende Stellung einnimmt.

Der Abbau von Bewegungen im Bereich der unteren S- Klassen ist eine positive Tendenz in der Veränderung der Zusammensetzung der Flotte.

Die Klasse 4 (vorwiegend militärischer Betrieb) fliegt trotz des hohen Störpotentials nahezu unverändert Tag und Nacht.

3.7 Unterschiede bei Start und Landung: Häufigkeit und Maschinentypen

Wesentlich ist der Befund, dass Beschwerden über Lande- und Startbetrieb sehr ungleich verteilt sind: 12 % der ausgewerteten 1370 Einzelfallbeschwerden fallen auf Landungen, 88 % auf Starts. Dieser Befund kann als ein Hinweis darauf interpretiert werden, dass unabhängig von der Belastung – die in bestimmten Ortslagen sehr intensiv von Landevorgängen ausgeht – offenbar eine größere, möglicherweise resignativ getönte, Toleranz gegenüber Landevorgängen vorliegt – gemessen an den ausgelösten Beschwerdeverfahren.

Möglicherweise spielen beim geringen Anteil von Beschwerden zum Landebetrieb folgende Faktoren eine wesentliche Rolle:

1. bei Landevorgängen sind Ablagen unbedeutend,
2. die Betriebsintensität der Triebwerke der Maschinen ist beim Landen wesentlich geringer,
3. die akustischen Unterschiede zwischen den Maschinentypen sind geringer sind und werden

4. im wesentlichen durch die hochfrequenten Geräusche der Auftriebsaerodynamik und andere technisch bedingte Erfordernisse (Fahrwerk ausfahren) bestimmt,
5. der gesamte Landebetrieb wird von Anwohnern eher als unvermeidlich erlebt als der Startbetrieb.

Protestverhalten im Sinne des Beschwerdeverhaltens konzentriert sich auf die Startvorgänge. Aus Untersuchungen am Düsseldorfer Flughafen wissen wir allerdings, dass Landevorgänge besonders in niedrig und direkt überflogenen Gebieten wegen der hochfrequenten Geräuschanteile sehr lästig sind. Hochfrequente Anteile der Landegeräusche unterliegen aus physikalischen Gründen wesentlich stärker der Luftschalldämmung als die tieffrequenten Spektralkomponenten des Startbetriebs, woraus sich u.a. die geringere Reichweite der Störung von Landebetrieb gegenüber Startbetrieb erklärt (Siehe Abschnitt 3.10 Start/Landebetrieb und Abstand/Entfernung zum Flugpfad)

Unterschiede zwischen Typenklassen bei Landebetrieb am Flughafen Frankfurt ergeben sich wie folgt: Auf Klasse S4 entfällt der größte Anteil von Beschwerden über Landungen mit 37% aller Beschwerden, gefolgt von der Klasse S7 mit 31%. Die Klasse S1 hat hier keine nennenswerten Beiträge. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die veralteten Maschinen der Klasse 1 nicht unter allen Betriebsbedingungen in gleicher Weise störend wirken, beim Landen fallen sie weniger auf als beim Starten.

Insgesamt überwiegt der Startbetrieb bei Beschwerden, wobei S1 und S7 mit nahezu gleichen Anteilen von jeweils 311 und 326 Beschwerden führend sind (**6. Anhang 1 Abb.21 und 22**). Positiv ist, dass die erste Gruppe in relativen und absoluten Zahlen aus der Flottenzusammensetzung im Vergleich 1995 zu 1998 verschwindet (**6. Anhang 1 Abb.19 und 20**).

3.8 Bewertung von Maschinentypen und Düsseldorfer Untersuchung zu Maschinentypen und Überflugpegeln

In der schon erwähnten Düsseldorfer Studie zur Bewertung von Überflügen wurde eine Liste entwickelt, die den Grad der Unzumutbarkeit von Überflügen auf Grund von Anwohnerurteilen den Typen zuordnet. Die bei den Überflügen gemessenen Pegel und Urteile sind in **6. Anhang 1 Abb. 14a, b und c** dargestellt. Die maschinentypischen Überflugpegel der Düsseldorfer Untersuchung und die gerechneten Maschinenpegel der Frankfurter korrelieren hoch, auch die maschinentypischen Unzumutbarkeitsurteile von Düsseldorfer Bürgern korrelieren hoch mit den maschinentypischen gerechneten L_{max} - Werten der Untersuchung der Beschwerdeprotokolle. Dies belegt die Annahme, dass die Ranghierarchie der Störkapazität der Flugzeuge wesentlich im Flugzeugtyp selbst begründet ist und damit

verallgemeinerungsfähig ist, unabhängig vom untersuchten Flughafen. Zwar gibt es in Düsseldorf keine Großflugzeuge vom Typ B747 und keine Militärflugzeuge, es zeigt sich dort aber auch, dass schwere und langsam steigende Flugzeuge wie der A340 auf Grund ihrer geringen Höhe beim Überflug über Siedlungen die Störkapazität von veralteten Flugzeugen besitzen.

3.9 Kursablagen

Die Kursablagen als Abweichungen der Flugbahn eines Flugzeugs von der Ideallinie sind mittels Radarprotokoll in 100-Meter-Intervallen bestimmt worden. Abweichungen, die kleiner als 100 m sind, werden als „keine Kursablage“ definiert. Bei 51% der Beschwerden liegen nach Protokoll keine Kursablagen vor. Von den 673 positiv registrierten Kursablagen liegen 334 in der Ortslage Mörfelden 2 vor. Hier werden außerdem 214 Beschwerden ohne Kursablagen registriert **6. Anhang 1 Abb. 23 und 24**. Bei Beschwerden ohne Kursablagen liegt im Mittel ein Überflugpegel von 76,5 dB(A) vor, bei Kursablagen liegt er bei 84,3 dB(A), also erheblich höher. Dieses ist ein weiterer Sachverhalt, der im oben erwähnten Modell (siehe Abschnitt 3.2: Regressionsfunktion) zum Ausdruck gekommen ist. Die **6. Anhang 1 Abb. 25 und 26** verdeutlichen diesen Sachverhalt an Hand der Ortslagen. Interessant ist die Zeitverteilung der Beschwerden bei Kursablagen, sie liegen mit 30% in der Mittagszeit zwischen 12 und 15 Uhr (**6. Anhang 1 Abb. 27**), während die Beschwerden ohne Kursablagen ihren Schwerpunkt am Nachmittag und Abend erreichen (**6. Anhang 1 Abb. 28**). Der erhebliche Beitrag der Kursablage zur Erhöhung des Überflugpegels verdeutlicht sich in diesen Abbildungen. Der mittlere Pegel wird mehr als deutlich - um 8 dB(A) - erhöht. Die Vorstellung, dass bei Kursablagen lediglich eine wahrgenommene territoriale Verletzung – ein Flugzeug fliegt dort, wo es nicht fliegen soll - zur Beschwerde führt, ist demnach nicht richtig, da ein deutlicher Anstieg des Pegels im Bereich von fast einer Verdopplung (1,7 mal lauter als bei Beschwerden ohne Ablage) vorliegt.

Eine deutliche Abnahme der Beschwerden ist daher bei Verminderung der Ablagen zu erwarten. Die Analyse der Beschwerden mit und ohne Kursablagen ergibt, dass am häufigsten Kursablagen der Klasse S1 auftreten, gefolgt von Klasse S7.

Das Ausmass der mittleren Kursablage ergibt außerdem für Klasse S1 den größten Wert von durchschnittlich 1.132 m. Die Klasse S7 mit 175 Beschwerden weist allerdings eine deutlich geringere Kursablage von durchschnittlich 741 m auf. (**7. Anhang 2 Tabelle 6**)

Der Überflugpegel steigt bei Klasse S1 durch Kursablage von 78 auf 88 dB(A), was einer subjektiven Verdopplung der Lautstärke entspricht. (**7. Anhang 2 Tabelle 8**). Bei Klasse S7

steigt der Überflugpegel durch Kursablage von 76 auf 82 dB(A) an, er wirkt also anderthalb mal so laut. Bemerkenswert ist, dass bei Maschinentypen S2 und S4 die Kursablage den Anstieg von 85 auf 88 dB(A) nur unwesentlich erhöht, diese sind immer sehr laut. Die Überflughöhen sind bei Klasse S8 und S4 am geringsten und liegen bei 630 m.

3.10 Start/Landebetrieb und Abstand/Entfernung zum Flugpfad

Landungen verursachen mit 12 % nur einen geringen Anteil an Beschwerden, obgleich sie 50% des Betriebsgeschehens ausmachen.

In **6.Anhang 1 Abb. 29a** ist die Anzahl der Beschwerden pro Ortslage und der Abstand der Ortslagen von Start bzw. Landepfaden dargestellt. Die landepfadbezogene Beschwerdeaktivität nimmt schnell mit dem Quer- Abstand ab und halbiert sich bei 500 m, während die startbezogene Beschwerdeaktivität erst bei 1000 – 1500 m ihr Maximum findet, was sich aus der Verteilung von Ortslagen entlang der Startflugpfade erklärt sowie aus dem Ablagenproblem, dass bei Landungen in der Regel keine Rolle spielt.

Beim Landen werden Wohngebiete - im Westen relativ dicht zum Aufsetzpunkt – direkt überflogen.

Auf der Ostseite ist der Querabstand und Längsabstand von Wohngebieten größer zum Landepfad bzw. Aufsetzpunkt als im Westen. Damit im Zusammenhang steht der Befund, dass die Überflugpegel bei Störereignissen im Osten mit 72 dB(A) im Mittel deutlich niedriger sind als im Westen mit 82 dB(A).

Aus meteorologischen Gründen ist der Zeitanteil, in dem der Osten durch Landebetrieb überflogen wird, größer, 1995 z.B. 75% der Jahreszeit (Westen 25%).

Die Überflugpegel für Start- und Landebahnen sind in Abhängigkeit vom Querabstand der Ortslagen zum Flugpfad in **6.Anhang 1 Abb 29b** dargestellt. Sie fallen wesentlich schneller ab als die Startpegel, ein Grund für die geringere Störreichweite von Landepfaden auf seitlich neben den Pfaden liegende Gebiete. Ein weiterer Grund ist in der geringen Zahl von Ablagen bei Landungen zu sehen, die bei Startbewegungen und Störereignissen in 50% eine grosse Rolle spielen: in **6.Anhang 1 Abb 29c** ist die Kursablagenverteilung für Start- und Landebetrieb der Störereignisse dargestellt: Kursablagen sind bei Landebetrieb ohne Bedeutung. In **6.Anhang 1 Abb 29d** ist die Überflughöhe von Start- und Landebahnen dargestellt: die Beschwerdeereignisse Start weisen wesentlich geringere Überflughöhen auch als die Startbewegungen, worin auch der Grund für die geringere seitliche Ausdehnung der Belastung durch Landeanfluglärm (Querabstand) zu sehen ist. In **6.Anhang 1 Abb 29e** ist der Zusammenhang zwischen L_{max} der Beschwerden auslösenden Überflüge, der Ortslagen und

der Häufigkeit der Beschwerden für Start und Landebetrieb gezeigt. Man sieht, dass bei Überschreiten der Pegel von 75 dB(A) L_{\max} Start die Anzahl der Beschwerden in den Ortslagen massiv zunimmt. Aus den vorliegenden Befunden ergeben sich folgende Überlegungen und Ansätze für Beschwerde mindernde Maßnahmen:

- Die Einhaltung von 70 dB(A) L_{\max} Überflugpegeln wäre für beide Betriebsverfahren Start und Landen ein Richtwert für eine Strategie, die massive Störungen, die zu Beschwerden führen, eindämmen könnte.

- Ein Weg dahin ist die Verminderung der Ablagen, die besonders an Drehpunkten entstehen. Geradlinige Abflugpfad sind unproblematischer.

- Ein Weg ist die Eliminierung des Fluggeräts mit hohen Überflugpegeln im Sinn des Typensollpegels (**6.Anhang 1 Abb. 12, 12a, 12b**)

- durch Auswahl einer für Geräte hohem Typensollpegel geeigneten Streckenführung des Flupfads lässt sich das Risiko von Beschwerden vermindern

- zeitliche Betriebsbeschränkungen für Geräte hohem Typensollpegel bzgl. empfindlicher Tages- und Jahreszeitzone sind anzustreben

- Flugzeuge mit geringem Steigvermögen und/oder hohen Emissionswerten sollte reduzierter Zugang zum Flughafen gewährt werden, wie dies erfolgreich nach Vergleich DES 1995 – 1995 für die Typen im unteren Bereich der S Gruppen trendmässig erkennbar wird (**6.Anhang 1 Abb. 17,18,19,20**).

Problematisch sind die S7 Flugzeuge, die, sofern im Langstreckenverkehr eingesetzt, auch und gerade im Nachtbereich operieren. Tendenziell wichtig ist, dass in empfindlichen Zeiträumen und Überfluggebieten Flugzeuge mit gutem Steigvermögen der Vorrang vor den anderen gegeben werden sollte. Eine solche Betriebstechnik wird bei der Nutzung des Pfads 1.07LR schon erfolgreich durchgeführt. Bei einer strikten Führung der Startbewegungen über 8.18 (Verlagerung des Drehpunkt nach Süden) - vor allem im empfindlichen Nachtbereich - wäre eine Verminderung der Beschwerdeaktivität im Süden zu erwarten. Die Nutzung der Startbahn West im Nachtbetrieb auch als Landebahn - vergleichbar der Betriebsweisen am Flughafen Zürich - wäre ebenfalls eine Maßnahme, die den Osten und Westen von Belastungen durch Nachtbetrieb massiv entlasten würde.

Die Vergrößerung des Abstand zwischen Wohngebiet und Flugpfad lässt sich auch durch geschickte Verteilung der lauten Flugzeuge als Schutzkonzept einsetzen, z.B. bei Militärflugzeugen, auf die beim Landen mit 35% der größte Beschwerdeanteil fällt. Wenn man sie beim Landen aus östlicher Richtung auf 25R setzt, entsteht ein möglichst großer Abstand zur schwerpunktmässig im Süden liegenden Wohnbebauung. Gleiches gilt für die

Gegenrichtung: Landung in Richtung 07L würde zu einer geringeren Belastung des schwerpunktmässig im Süden liegenden Raunheim und Rüsselsheim führen. Die Beschwerden zu den Militärflügen beim Landen finden sich bei Nutzung von 07R und 25L. Da die beschwerdeauslösenden Militärflüge im Westen 20 dB(A) über den üblichen Pegeln der übrigen Flotte liegen, ist jede Maßnahme anzustreben, die Verbesserungen verspricht. Diese Überlegungen lassen sich auch auf den zivilen Luftverkehr übertragen.

3.11 Tagesverlauf der Beschwerdeaktivität

Die zeitliche Verteilung der Beschwerdehäufigkeit ist in **6.Anhang 1 Abb 30a und 30b** stundenweise und in Tagesabschnitten dargestellt.

Die Verteilung der Beschwerden auf den Tageszeitverlauf zeigt einen tendenziellen Anstieg mit der Uhrzeit, beginnend in den Morgenstunden mit 1-2% der Gesamtbeschwerden. Auffällig ist ein steiler Anstieg in den Mittagstunden (12-15 Uhr) auf 6-9%. Hier wird auch das absolute Stundenmaximum (9%) erreicht. Im Nachmittags- und Abendbereich steigt der Stundenprozentwert auf 4-7% an. Die Beschwerdeaktivität erreicht ihr zweites Maximum (8%) in der ersten Nachtstunde von 22-23 Uhr. In den weiteren Nachtstunden von 23-1 Uhr liegen die Werte bei 4 und 5%. Danach zeigen die Werte wie in den frühen Morgenstunden bei 1–2 Prozent pro Stunde. Insgesamt liegen mehr Beschwerden auf der 2. Tageshälfte als auf der ersten. Insbesondere in der Zusammenfassung von Stunden zu Tagesabschnitten in Abb. 30b wird die steigende Empfindlichkeit gegenüber Flugbewegungen mit dem Tagesverlauf verdeutlicht.

Die Beschwerden verteilen sich insgesamt zu 75% auf den Tag und zu 25% auf die Nacht. Damit ist der Nachtanteil der Beschwerden höher als vom Verkehrsaufkommen nachts zu erwarten ist, welches 1995 bei 7,75% und 1998 bei 8,7% liegt. Da genaue Angaben über die Verkehrsmengen 1996/97 fehlen, lässt sich das relative Risiko einer Beschwerde durch Fluglärm Tag/Nacht nicht abschätzen. Im Jahre 1995 bezogen sich die Beschwerden zu 31% auf den Nachtbetrieb, woraus sich ergibt, dass ein nächtliches Flugereignis 9,6 mal so häufig zu einer Beschwerde führt wie ein Flugereignis am Tag. Diese Werte dürften allerdings trotz zunehmender Bewegungsmengen auch nachts rückläufig sein, wie sich aus der relativen Verteilung der Anteile der Beschwerden im Tag-/Nachtverhältnis zeigt.

Bemerkenswert ist, dass die Beschwerdehäufigkeit den späten Abendstunden bzw. beginnenden Nacht von 22 –01 Uhr eine Besonderheit der Jahreszeit Sommer ist, nur in den Sommermonaten Juni – Juli – August ist die Anhäufung von Beschwerden in diesem Zeitraum zu verzeichnen, in den übrigen 3 Jahreszeitquartalen nicht. In **6.Anhang 1 Abb. 41**

1,b,c und d sind die über die Jahre 1995,96 und 97 summierten stundenweise auftretenden Beschwerden für die Jahreszeiten Winter (Dezember, Januar, Februar), Frühling (März, April, Mai), Sommer (Juni, Juli, August) und Herbst (September Oktober November) dargestellt. Man erkennt, dass nur die Sommermonate die Beschwerdehäufung für den angesprochenen Zeitraum aufweisen. Die Verteilung der berechneten Überflugpegel L_{max} zeigt im gleichen Darstellungsmodell keinen Anstieg, sondern trendmässig sogar niedrigere Werte, was auf erhöhte Empfindlichkeit der Anwohner bei höheren Temperaturen gegenüber Überflügen schließen läßt, vermutlich bedingt durch Aussenaufenthalt oder veränderte Lüftungsbedingungen in der warmen Jahreszeit. Bei Überlegungen zu zeitlichen Restriktionen von Flugbewegungen sollte diese Interaktion von Tageszeit und Jahreszeit berücksichtigt werden.

3.12 Zusammenhänge von Destination und Tageszeitverlauf zur Beschwerdeaktivität

Nach dem im Protokoll verzeichneten Bestimmungsort (Destination) und dem Betreiber des Fluggeräts – zivile Linie oder Militär - läßt sich die Flugstrecke über die Flugzeit in die Kategorien Kurz (bis 3h), Mittel(3-8h), Lang(grösser als 8h) und Militär (Betreiber USM, Destination militärisch, in der Regel unbestimmbar) einteilen. Die mit der Flugstrecke und Flugzeit verbundenen Anforderungen bestimmen Merkmale wie Größe, Treibstoffvorrat und andere Eigenschaften des Geräts wie das Steigverhalten (**7 Anhang 2 Tabelle 9**) und den resultierenden Überflugpegel. Bei Langstreckenflügen ist der Zeitpunkt des Abflugs nicht frei wählbar, da die Ortstageszeit des Ankunftsortes in Rechnung gestellt werden muss. Bei Militärflügen sind andere - militärische - Gesichtspunkte für den Betrieb wesentlich.

Die relative Verteilung der Beschwerden auf die Flugzeuge nach Destinationen ist in **6.Anhang 1 Abb 31a** wiedergegeben. 43 % aller Beschwerden beziehen sich auf Kurzstreckenflüge mit der Flugzeit unter 3 Stunden, den geringsten Anteil weisen mit 12% die Langstreckendestination mit der Flugzeit grösser als 8 Stunden auf. **6.Anhang 1 Abb 31b** zeigt die absoluten Beschwerden der 4 Destinationen aufgeteilt nach Tag und Nacht. In absoluten Zahlen fällt der Langstreckenverkehr mit der geringsten Beschwerdehäufigkeit Tag und Nacht auf; Kurz- und Mittelstreckenverkehr sind Tags am häufigsten Anlaß zu Beschwerde; Nachts zeigen die absoluten Werte keine Unterschiede zwischen den Destinationen, hierbei muss man die unterschiedlichen absoluten Flugbewegungszahlen kennen, die hier nicht verfügbar waren.

Betrachtet man die in den Destinationen vorkommenden Typengruppen (einfach) (**6.Anhang 1 Abb 31c**) so fällt im Kurzstreckenbetrieb die Klasse S1 mit der größten

Beschwerdehäufigkeit auf, gefolgt von der Klasse S4 der Militärkategorie. Im Mittel- und Langstreckenbetrieb fällt Klasse S7 auf. Eine Besonderheit zeigt sich in der Klasse S5 Kurzstrecke, hier handelt es sich bei den Störfällen vorzugsweise um die modifizierten Flugzeugtypen, die durch Umbaumaßnahmen von Klasse S1 in Klasse S5(m) verlagert werden.

In **6.Anhang 1 Abb 31d** sind die Destinationen nach Regionen dargestellt. Die größte Beschwerdehäufigkeit zeigt der Kurzstreckenverkehr im Süden des Flughafens, gefolgt vom Mittelstreckenverkehr des Südens. Im Osten ist keine besondere Differenzierung der vier Verkehrsklassen erkennbar, während im Westen Störungen durch Mittelstreckenverkehr Anlaß zu den meisten Beschwerden gibt.

Die Berechnung der registrierten Kursablagen zeigt in **6.Anhang 1 Abb 31e**, dass die Langstreckenflüge die geringsten Kursablagen aufweisen, während der militärische Betrieb im Süden und Westen die größten mittleren Ablagen aufweisen, was für die Ausprägung der Störpegel relevant ist. Die Auflösung der Kursablagen nach Destination und Region zeigt auch, dass die größten Kursabweichungen im Süden auftreten, vermutlich eine Folge der durch Drehpunkte gekennzeichneten Streckenführung. Die höchsten Lmax-Werte für Überflugereignisse sind daher auch im Süden zu finden (**6.Anhang 1 Abb 31f**)

Der Tageszeitverlauf von Beschwerden geordnet nach der Betriebsbedingung Destination ist in **6.Anhang 1 Abb 32 und 33** dargestellt.

Der ausgeprägte Beschwerdepeak um die Mittagszeit im Süden ist auf den Kurzstreckenverkehr zurückzuführen, der durch S1 Fluggerät anfällt, im Westen liegt eine abgeschwächte Erhöhung im gleichen Tageszeitintervall vor, hier vorwiegend auf Mittelstreckenverkehr mit Flugzeugen der Klasse S6 und Militärbetrieb bezogen.

Der Kurzstreckenverkehr erzeugt in den Abendstunden einen zweiten Beschwerdepeak, während der Langstreckenverkehr in der Zeit von 22–23 Uhr sein Störmaximum aufweist.

3.13 Region und Tageszeitverlauf der Beschwerden

Im Vergleich der tageszeitlichen Verteilung der Beschwerden aus den Regionen (**6. Anhang 1 Abb 34, 35 und 36**) zeigt sich das oben beschriebene Bild des Anstiegs der Beschwerden über die Tageszeit nur im Westen und Süden, während im Osten die Beschwerdeaktivität relativ gleichförmig verläuft. Dort spielen die nächtlichen Störungen im Vergleich zu den täglichen Störungen eine größere Rolle als im Süden und Westen. Allen Gebieten gemein ist allerdings ein Spitzenwert der Beschwerden in der Zeit von 22 bis 23 Uhr, der auf Lang- und

Mittelstreckenbetrieb der Flugzeugklassen S6 und S7 beruht , und wie oben beschrieben, in den Jahreszeitraum Sommer fällt (**6. Anhang 1 Abb. 41a,b,c,d**).

3.14 Verteilung der Beschwerden Tag/Nacht nach Region, Ortslage und Flugpfad

Die regionale Auflösung von Beschwerden nach Typenklassen der Flugzeuge und Tag/Nacht (**6. Anhang 1 Abb 37, 38,39**) zeigt im Osten, dass Klasse S7 und S4 die Liste anführen und zu gleichen Teilen tags und nachts wirken. Im Süden dominiert Klasse S1 tagsüber, nachts ist sie ohne Bedeutung, an zweiter steht Klasse S7, die tags und nachts etwa gleichviel Beschwerden auslöst. Im Westen sind tags S7, S4 und S6 dominierend, nachts S7 und S4. Die Einschränkung der Betriebsaktivität der Klasse S1 für die Nacht hat Erfolg wie die die Beschwerdestatistik zeigt.

Die Darstellung der Beschwerden nach zugeordneten Flugpfaden (**6. Anhang 1 Abb 39a**) zeigt, dass die Störreaktionen hauptsächlich von drei Flugpfaden - 7.18 mit 586 Beschwerden, 12.25R mit 191 und 2.07L mit 115 Beschwerden - erzeugt werden. Die vorliegenden Beschwerdebhäufigkeiten am Flugpfad 7.18 wirken angesichts der vorliegenden durchschnittlichen Belastung (**Abb. 4c, Abb. 4d, Tabellen 1,2,3**) unangemessen und sprechen für eine erhöhte Sensibilität von beschwerdeführenden Anwohnern – verglichen mit beschwerdeführenden Anwohnern der anderen Ortslagen. Die relative Verteilung der Beschwerden auf die Flugpfade nach Tag- und Nachtbetrieb (**6. Anhang 1 Abb 39b**) ergibt , dass bei Flugpfad 2.07L die Beschwerdeaktivität nachts am größten ist – von 7.18 abgesehen; für Flugpfad 12.25R gilt, dass Tags die größte Beschwerdeaktivität ausgelöst wird.

Eine Lösung der Problematik des Südens wäre, wenn der Drehpunkt für 7.18 weiter nach Süden verlegt wird und die Problematik der hohen Kursablagen der Klasse S1 vermieden würden, z.B. indem diese Klasse über 8.18 nach südlichen Destinationen geleitet werden. Eine mögliche Lösung für die Minderung der Beschwerdeaktivität am Flugpfad 12.25R könnte die Verlagerung auf den Flugpfad 12.25L und eine optimale Lagerung des Drehpunkts sein, die Überflüge der Ortschaften in niedriger Höhe vermeidet; Fluggerät, das wegen technischer Unzulänglichkeit Kursabweichungen unvermeidbar aufweist, sollte in der Wahl des Flugpfads beschränkt werden.

3.15 Wochentag

In der Verteilung der Beschwerden über die Wochentage (**6. Anhang 1 Abb. 40**) zeigt sich für den Tag ein monotoner Anstieg der Beschwerden von der Wochenmitte an, wobei sich die

Zahl der Beschwerden von den ersten drei Arbeitstagen über die beiden letzten stetig steigert und am Wochenende - am Sonntag - gegenüber dem Wochenbeginn nahezu verdoppelt.

Der monotone Anstieg tags und die Verdopplung der Beschwerden am Sonntag deutet möglicherweise den im Wochengang zunehmenden Stress durch Arbeitsbelastung und damit Sensibilisierung gegenüber Umweltbelastungen an. Am Wochenende tags sind Anwesenheit in der Wohnung, die verfügbare Freizeit und der Erholungsbedarf vermutlich die Faktoren, die die hohe Beschwerdeaktivität am Sonntag erklärt.

3.16 Monat/Jahreszeit

Die Beschwerdeaktivität verteilt über die Monate hat ihr Maximum im Monat Juli und ihr Minimum in den Monaten Januar und Oktober (**6. Anhang 1 Abb. 42**). Die Temperatur im Juli und August ist am höchsten, wie die gemittelte Summierung der Temperaturkategorien über die Monate zeigt (**6. Anhang 1 Abb. 42a**). Die nichtlineare Beziehung zwischen Aussentemperatur (Klassen in 5 °C) und Beschwerdehäufigkeit gemittelt über die Jahresmonate 1/1995 – 5/1998 ist in **6. Anhang 1 Abb. 42b** dargestellt. Der Verlauf lässt sich gut mit einer kubischen Funktion approximieren. Die Beschwerdehäufigkeit ist in den unteren Temperaturklassen schwach ausgeprägt (Bereich 0- 5 ° C), in den Klassen 2 bis 3,5 nahezu gleichbleibend (unter 15° C) und verdoppelt sich dann pro Anstieg der Temperatur um eine Klasseneinheit (5°C). Die erhöhte Beschwerdeaktivität erfolgt bei höheren Temperaturen der Sommermonate bei niedrigeren L_{\max} -Überflugpegeln, wie **6. Anhang 1 Abb. 43** zeigt. Dieses gilt für Tag- und Nachtbetrieb (**6. Anhang 1 Abb. 44**). Es ist anzunehmen, dass der Aussenaufenthalt während der warmen Jahreszeit und temperaturbedingte Änderungen im Lüftungsverhalten – Fenster werden bei höheren Temperaturen vermehrt aufgehalten - die Ursache für die Konzentration der Beschwerden in der warmen Jahreszeit sind. Dies dürfte erklären, warum in der warmen Jahreszeit niedrigere Pegel zu Beschwerden führen.

3.17 Beschwerdehäufigkeit und Belastung der Ortslagen

Wesentlich ist die Frage, ob die Beschwerdehäufigkeit der untersuchten Ortslagen die akustische Belastung und die Belästigungswirkung der Allgemeinbevölkerung der Ortslagen widerspiegelt. Aus der Analyse der Verteilung von Beschwerden auf die Ortslagen, den berechneten Belastungsdaten und den Belästigungsreaktionen der Allgemeinbevölkerung ergeben sich folgende wichtige Befunde.

Es ergeben sich keine Korrelationen der Beschwerdehäufigkeit mit den Belastungsmassen L_{eq} und NAT70 der Ortslagen der Beschwerdeführer (**7. Anhang 2 Tabelle 10**). Die auffällig hohe Beschwerdehäufigkeit im Süden des Flughafens lässt sich nicht durch eine überdurchschnittliche Belastung dieser Ortslagen nach dem L_{eq} oder NAT70 erklären (**6. Anhang1 Abb. 45**).

Die Belästigungsreaktionen der Normalbevölkerung korrelieren nicht mit der Beschwerdehäufigkeit in den Ortslagen. (**6. Anhang1 Abb. 46**). Nach der Verteilung der Beschwerden wäre im Süden eine besonders hohe Belästigungswirkung von Fluglärm in der Allgemeinbevölkerung zu erwarten. Dies wird durch die Ergebnisse einer systematischen Erhebung an 35 Stichproben in der Umgebung des Flughafen Frankfurt/Main nicht belegt. Im Gegenteil sind nach den Erhebungen an der Allgemeinbevölkerung die Gebiete im Westen am stärksten belästigt, was sich aus der Konzentration von Landebewegungen bei Ostwindlagen über nahe am Flughafen liegenden Wohngebieten ergibt. Insofern sind Beschwerdestatistiken nicht repräsentativ für die Wirkung von Fluglärm auf die Allgemeinbevölkerung. Sie liefern allerdings Hinweise auf die Bedingungen, wie besondere Einzelereignisse zur Störwirkung von Anwohnern beitragen.

Die über die Tageszeit kumulierte d.h. aufsummierte und über den Tageszeitraum gemittelte Störwirkung von Überflügen, kann nicht mit Analysen von Beschwerdefällen zu Einzelereignissen beschrieben werden.

Die Erfassung extremer negativer Randbedingungen des Flugverkehrs ist mit dieser Methode möglich. Die Belastungswirkung, die vom täglichen, durchschnittlichen Ereignis-Mengenstrom eines Flugpfads auf die Bevölkerung ausgeht, muss mit Methoden beschrieben werden, die den zeitlichen Summierungsaspekt von Fluglärmereignissen besser erfassen.

Diese Aufgabenstellung wird im zweiten Gutachten: Dr. J Kastka „Untersuchung der Fluglärmbelastungs- und Belästigungssituation der Allgemeinbevölkerung der Umgebung des Flughafen Frankfurt (Zusatzauftrag)“ behandelt.

4. Zusammenfassung

Bei der Untersuchung der Merkmale von über 1.500 Beschwerdeprotokollen und der Berechnung der Überflugpegel ergeben sich folgende Befunde:

- Startbewegungen sind mit 88% Hauptursache für Beschwerden, 25% der Beschwerden liegen in der Nachtzeit, 75 % in der Tageszeit.
- Berechnete Überflugpegel der Beschwerdeereignisse liegen mit 81 dB(A) des L_{\max} 14 dB über dem durchschnittlichen L_{\max} aller Überflüge aller Ortslagen und sind damit erheblich lauter als der Durchschnitt der Flugbewegungen.
- Wesentlich für das Beschwerdeereignis sind die Faktoren Sollpegel der Typen, Ablage, Abstand der Anwohnerwohnlage zum Flugpfad und Höhe des Überflugereignisses.
- Bewegungshäufigkeit der Flugzeugtypen und Beschwerdehäufigkeit der Flugzeugtypen korrelieren nicht ($r=0,13$) miteinander.
- Die Beschwerdeaktivität konzentriert sich auf bestimmte Flugzeugtypen, zu denen veraltete Maschinen (S1/2), Militärmaschinen (S4) und Grossraumflugzeuge (S7) gehören. Von Seiten des Flughafens sind die Maschinen der ersten Gruppe vom Nachtbetrieb ausgeschlossen, so dass sie nur tagsüber stören, außerdem nimmt ihr Anteil, vergleicht man die Flottenzusammensetzung von 1995 bis 1998 miteinander, deutlich ab.
- Militärmaschinen machen nur 0,25% des Verkehrsaufkommens aus, erzeugen jedoch 15% der Beschwerden und weisen das höchste relative Risiko bzgl. Auslösung von Beschwerden auf.
- Kurzstreckenbetrieb erzeugt 43% der Beschwerden, Mittelstreckenverkehr 30% und der Langstreckenverkehr 12%. Militärbetrieb erzeugt 15% der Beschwerden.
- Auf die Gruppe S5h, die den größten Anteil der Flugbewegungen ausmacht und auch den größten Bewegungszuwachs 1995 auf 1998 aufweist, entfallen kaum Beschwerden. Diese Klasse von Flugzeugen ist für den Einsatz in sensiblen Zeiträumen und bei Flugpfaden mit geringen Abständen zu Anwohnerquartieren am besten geeignet.
- Das Stundenmaximum der Beschwerden liegt in der Mittagszeit, das zweite Maximum liegt bei 22 bis 23 Uhr, insgesamt steigt die Beschwerdeaktivität von mittags an auf ein Maximum am Abend.
- Die erhöhte Beschwerdeaktivität am Spätabend (22 –01 Uhr) beschränkt auf die Sommermonate Juni, Juli, August.

- Der Wochentag mit der höchsten Beschwerdehäufigkeit ist der Sonntag, die Beschwerdehäufigkeit steigt in der zweiten Wochenhälfte kontinuierlich an, dies gilt nur für den Tageszeitraum
- Im Süden konzentrieren sich die Beschwerden auf die S1 Klasse im Kurzstreckenverkehr tagsüber und S7 Langstreckenverkehr nachts, im Norden und Osten konzentrieren sich die Beschwerden auf Militärverkehr, S6 und S7 im Mittelstreckenverkehr.
- Der Osten gibt zu Landeverkehr weniger Beschwerden ab als der Westen (Verhältnis 1:2), vermutlich wegen des größeren Abstands zum Flughafen (Höheneffekt) und trotz größerer Bewegungsmengen pro Jahr über Landerichtung 25. Der Nordosten leidet nur unter Startverkehr besonders nachts über Pfad 2.07.
- Die Beschwerdehäufigkeit der einzelnen Ortslagen ist kein Indikator für die Belastung nach L_{eq} oder NAT70.
- Beschwerdehäufigkeit ist kein Indikator für den Belästigungsgrad der Durchschnittsbevölkerung, wie Vergleiche mit einer 1998 durchgeführten Studie an Anwohnern des Flughafen zeigen.

5. Anhang: Methodische und Konzeptionelle Grundlagen

5.1 der Energetische Mittelungspegel L_{eq}

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 \cdot L(t)} dt \right)_{q=3} \quad (1)$$

$$L_{eq} = 13.3 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/13.3} dt \right)_{q=4} \quad (2)$$

(1) Energieäquivalenter Dauerschallpegel

(2) Dauerschallpegel nach Fluglärmgesetz

T= Integrationszeit

L(t)= Schallpegel in Abhängigkeit von der Zeit

Die Fluglärmbelastung wird üblicherweise durch einen Einzahlwert charakterisiert, der nach energetischen Gesichtspunkten (Varianten q3 und q4) Energie und Häufigkeit der einzelnen Flugbewegungen erfasst, summiert, über die Messzeit mittelt und mit diesem Einzahlwert die Gesamtbelastung während des Messzeitraumes beschreibt.

5.2 das Belastungs - Belästigungsmodell

Belastung mit Lärm oder Exposition gegenüber einer Lärmquelle – häufig als Betroffenheit bezeichnet - ist nicht identisch mit der Wirkung von Lärm, hier der Belästigungsreaktion, da man aus einer Reihe von Gründen nicht Geräuschpegel mit Geräuschwirkung gleichsetzen kann.

Die Verknüpfung von physikalisch-akustischen Belastungsparametern der Exposition und sozialpsychologischen Belästigungsmaßen erfolgt in der Regel empirisch und statistisch über lineare Regressionsfunktionsmodelle vom Typ $HA\% = a(L_{eq} - b)$, wobei die Konstante a den Zuwachs der Störung pro dB Anstieg L_{eq} wiedergibt und b

die Schwelle, von der an mit dem systematischen Entstehen von Belästigungsreaktionen im Zusammenhang mit Fluglärm zu rechnen ist. Wohlbefindensstörungen, die nicht in einer Belastungs-Wirkungsfunktion darstellbar sind, fallen nicht in das Konzept des hier verwendeten Lärmbelastungsbegriffs.

5.3 das Belästigungsmaß HA %

Die Lärmbelästigung ist eine Reaktion auf ein unerwünschtes Geräusch. Sie wird durch Wahrnehmung des akustischen Reizes hervorgerufen, und ist in der Regel am häufigsten im Wohnbereich vorfindbar. Belästigungsreaktionen sind multikausal bedingt, d.h. sie hängen in ihrer Ausprägung auch von nicht akustischen Merkmalen ab, die in weiteren Eigenschaften der Geräuschquelle (z.B. Unfallgefährdung), der Person (z.B. Gesundheitszustand), der Situation (z.B. Tätigkeit, Tageszeit) und der Umwelt (z.B. Ortslagenmerkmale wie Wohngebiet, Gewerbegebiet, Erholungsgebiet) bestehen. Wegen der multikausalen Abhängigkeit der Belästigungsreaktion sind die korrelativen Beziehungen zwischen physikalisch-akustischem Belastungsparameter und individueller Belästigungsausprägung gering, in der Regel werden nur 10 –20 % der Ausprägung bzw. der Varianz der individuellen Belästigung durch Pegel erklärt. Aus diesem Grund wird in der Regel mit Stichprobenmittelwerten gearbeitet.

Belästigung durch Lärm ist die Störung des Wohlbefindens, die als Grundlage der Störung einen auslösenden akustischen Reiz aufweist. Lärmbelästigung unterscheidet sich von allgemeinen Wohlbefindensstörungen (Subjektive Befindlichkeitsstörungen ohne eindeutige kausale Grundlage) durch diesen Dosis – Wirkungszusammenhang. Mit Betroffenheit oder Exposition gegenüber Lärm wird die Belastung eines Anwohners durch einen akustischen Pegelwert (in der Regel auf den Aussenbereich der Wohnung berechnet oder gemessen) bezeichnet, bei „Betroffenheit durch Lärm“ handelt es sich daher nicht um eine Wirkungs-, sondern um eine Belastungskategorie. Die Ermittlung von Belästigungswirkungen auf Grund von Belastungsdaten erfolgt über die oben beschriebenen Belastungs-Belästigungsmodelle. Belästigung, Wohlbefindensstörung und Betroffenheit sind methodisch und inhaltlich daher nicht vergleichbar. Sie sind nicht gleich zu setzen etwa nach der Vorstellung : Anzahl Betroffener = Anzahl Belästigter = Anzahl gesundheitlich Geschädigter. Gesundheitliche Beeinträchtigungen sind mit Belästigung nach Lindvall und Radford (1973) nicht unmittelbar gleichzusetzen, da aus medizinischer Sicht Belästigung einen Sachverhalt impliziert, der nicht

demonstrierbar pathogen ist, jedoch einen negativen Faktor für das Wohlbefinden des Menschen darstellt.

Lindvall und Radford (1973) definieren das Konzept der Belästigung allgemein als ein Gefühl des Unbehagens, welches hervorgerufen wird durch Bedingungen, Stoffe oder Zustände, denen die Betroffenen negative Auswirkungen auf sich selbst zuschreiben. Bell, Fisher, Baum und Green (1990) fassen die Ergebnisse der psychologischen Lärmwirkungsforschung wie folgt zusammen: Lärm ist aus der Sicht von Betroffenen schädlich, wenn er laut, unvorhersehbar und unbeeinflussbar zu sein scheint, wenn er als unnötig gilt, wenn sein Verursacher als gegenüber seiner sozialen Umwelt gleichgültig oder rücksichtslos erscheint, wenn die exponierte Person mit Furcht reagiert, Gesundheitsschäden erwartet und wenn sie mit ihrem Leben insgesamt unzufrieden ist.

Bei Fragebogenuntersuchungen wird die Langzeitbelästigung erfasst, in welcher der Anwohner seine gespeicherten Erfahrungen und Erwartungen bzgl. des Lärms und der Lärmquelle im „selfreport“ wiedergibt. Zu unterscheiden von dieser Langzeitbelästigung ist die momentane Gestörtheit, die bei einem Überflug vorliegt.

Das Maß HA% wird als Anteil stark belästigter Anwohner in sozialwissenschaftlichen Erhebungen ermittelt. Als stark belästigt werden diejenigen Anwohner gewertet, die sich auf einer 7-teiligen verbalen Antwortskala als „stark belästigt“, „sehr stark belästigt“ oder „unerträglich stark belästigt“ einschätzen. Es gibt den Grad der Störwirkung/Belästigung in homogen belasteten (kleinräumig konzentrierten) Stichproben wieder. Bei diesem Maß handelt es sich um eine kognitive Interview-Antwort-Variable, in der mittels standardisiertem Interview befragte Anwohner die in seiner Erfahrung und Erwartung vorliegende Störung seines Wohlbefindens durch Fluglärm direkt und summarisch über alle Erlebnisse einschätzt. Werte von 10% HA sind in Stichproben auch dann vorzufinden, wenn keine wesentliche meßbare oder berechenbare physikalische Belastung durch eine Geräuschquelle vorliegt, also bei Leq- Werten unter 45 dB(A).

5.4 der L_{\max} als Merkmal eines Überflugereignisses

Bei fortlaufender Messung eines Überflugereignisses steigt der in dB(A) mit der Einstellung „slow“ gemessene Pegel des Fluggeräusches über den vorliegenden Hintergrund bis zu einem Maximum, in der Regel kurz nach dem Zeitpunkt der

größten Annäherung an den Aufnahmeort. Danach fällt der Fluggeräuschpegel ab, bis er im Hintergrundpegel verschwindet. Üblicherweise wird für jede Sekunde zwischen Auftauchen aus und Verschwinden im Hintergrundpegel ein Pegelwert gemessen, der höchste Wert ist der L_{\max} . Der L_{\max} eines Überflugereignisses charakterisiert die akustische Bedeutung eines Ereignisses hinreichend gut.

5.5 das Konzept der Störschwelle: L_{\max} 70dB(A) und der Störmengenindex NAT70

Für die Entwicklung von Parametern belästigungsrelevanter Überflugmengen ist das Konzept der Störschwelle entwickelt worden, da nicht alle Überflüge als störend empfunden werden. Aus Experimenten mit Anwohnern und aus Regressionsanalysen an Felddaten des Düsseldorfer Flughafen ergibt sich als Störschwelle der L_{\max} 70. Der Wert des NAT (Number Above Threshold) ist eine Mengenangabe, in der Regel - auf einen Tag (16h) oder eine Nacht (8h) bezogen - ergibt er sich aus der Zahl der Überflugereignisse, deren L_{\max} einen definierten Schwellenwert, hier 70 dB(A), überschreitet.

Für die Bestimmung reicht eine einfache Gewichtung von „0“= „unter“ und „1“ = „über“ der Störschwelle.

Höhe, Flugzeugtyp und Betriebsart Start und Landen haben einen wesentlichen Einfluß auf die Ausprägung des NAT.

5.6 die NAT70 Hypothese zum Belastung- Belästigungszusammenhang: Anwohner reagieren auf die Menge der belästigungsrelevanten Überflugereignisse

Die Anzahl der Überflug-Einzelereignisse, deren L_{\max} über 70 dB(A) liegt, ist der Parameter für diskret in der Zeit verteilte Ereignisse, auf die der Anwohner in seiner Belästigungsreaktion Bezug nimmt. NAT bedeutet Number Above Threshold: Anzahl von Ereignissen über einer Schwelle, hier ist die Schwelle der L_{\max} 70 für zu zählende Ereignisse.

Die Zahl der relevanten Fluglärmereignisse wird nach den Düsseldorfer Befunden mit dem Parameter NAT70, d.h. der Anzahl von Ereignissen, die mit ihrem Spitzenpegel den Wert 70 dB(A) überschreiten, am besten beschrieben, wie Korrelations- und Regressionsanalysen zeigten. Die Bestimmung der Häufigkeit der Ereignisse mit einem niedrigeren oder höheren Kriteriums- oder Überschreitungspegel (z.B. NAT60

oder NAT80) ist für die Belästigungsvorhersage weniger geeignet, wie Korrelationsberechnungen zu HA%-Werten und NAT60,70,80-Parametern zeigten. Hinweise auf einen Anzahleffekt und damit für diesen Ansatz ergaben sich aus Längsschnittuntersuchungen über einen Zeitraum von 8 Jahren, in denen trotz gleicher Leq-Werte, aber steigender Bewegungszahlen die Belästigungsreaktion der Anwohner stieg. Die Grundvorstellung ist, dass Anwohner die zunehmende Zahl von störenden Ereignissen in der sich verkürzenden Pausenzeit, den Abständen zwischen zwei Ereignissen registrieren, wenn diese Ereignisse über einer – statistisch zu verstehenden – Störschwelle liegen. Statistisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Wahrscheinlichkeit einer Störung beim Überschreiten der Schwelle $L_{\max} 70\text{dB(A)}$ in Abhängigkeit von der interindividuellen und intraindividuellen Schwankung der Störempfindlichkeit der Anwohner zunimmt, es handelt sich um ein probabilistisches, nicht deterministisches Schwellenkonzept. Hinweise auf die Lage dieser Störschwelle im Bereich von 70 dB(A) ergeben sich aus der systematischen Untersuchung der Bewertung von über 2000 Einzelüberflügen durch Anwohner auf beiden Seiten des Flughafens Düsseldorf (siehe **6. Anhang 1 Abb. 6c**).

5.7 die Aktiv-Passiv-Hypothese: Moderator Fluglärmprotest

Dass Belästigungsreaktionen nicht eindimensional von der akustischen Belastung geprägt werden, sondern von einer Reihe von anderen Faktoren abhängig sind, ist allgemeiner Wissenstand. Umweltmerkmale, nichtakustische Merkmale der Geräuschquelle, Situationsmerkmale und Merkmale der betroffenen Person gehen mit in die Belästigungsreaktion und moderieren die Ausprägung der Reaktion verstärkend oder abschwächend. Daher reagieren verschiedene Personen sehr unterschiedlich auf die gleiche Belastung, daher wirkt Lärm in verschiedenen Situationen z.B. in den tageszeitgebundenen, situativ unterschiedlichen Verhaltensweisen wie Arbeit, Freizeit, Entspannung, Schlaf sehr unterschiedlich. Personen, die ihren Gesundheitszustand als labil einschätzen, reagieren z.B. stärker auf die gleiche Belastungssituation als Personen mit stabilem Gesundheitszustand. Aus Düsseldorfer Untersuchungen hat sich als ein wesentliches Merkmal, das die Ausprägung von Belästigungsreaktionen gegenüber Fluglärm verstärkend mitbestimmt, das Vorliegen zu aktivem Protest gegen Fluglärm herauskristallisiert:

Die Gruppe aktiver Anwohner reagiert generell mit erhöhter Empfindlichkeit gegen Fluglärmbelastung und weist eine Reihe weiterer Merkmale auf, die sie von nicht protestierenden passiven Anwohnern unterscheidet. Verbunden sind mit Protestverhalten eine Reihe anderer Merkmale aus sehr verschiedenen Bereichen wie erhöhte Unzufriedenheit mit dem eigenen Gesundheitszustand, erhöhte Lärmempfindlichkeit, erhöhte fluglärmbezogene psychosomatische Symptomwahrnehmung und -darstellung, generelle negative Dispositionen gegenüber dem Flugverkehr und Unzufriedenheit mit passivem Schallschutz, sowie vermehrtes Vorliegen von Eigentum an Wohnung oder Haus. Auf welche Weise diese Konfiguration von Merkmalen zusammenkommt, ist noch nicht aufgeklärt, jedenfalls handelt es sich bei den Aktiven Anwohnern um eine Gruppe, die bei gleicher Belastung wesentlich sensibler gegenüber Fluglärmbelastungen reagiert als die sogenannten „passiven“, der Unterschied liegt im Bereich von 10 –15 dB(A) des L_{eq} , wenn man Dosis-Wirkungskurven von Aktiven und Passiven vergleicht. Für diese Anwohnergruppen ist es wahrscheinlich am besten, wenn eine Vergrößerung des Abstands zum Flugpfad ermöglicht wird.

5.8 die Flugpfadnutzzeithypothese: Integration der Belastungserfahrung nur während der Nutzungsperioden von Flugpfaden

Die Düsseldorfer Untersuchungen erbrachten den Hinweis, dass bei zeitlich eingeschränktem Betrieb eines Flugpfades die Anwohner diese Verminderung der zeitlichen Ausdehnung der Belastung nicht in der Belästigungsreaktion widerspiegeln. Das energetische Mittelungsverfahren berücksichtigt diese „Auszeiten“ eines Flugpfades, Anwohner reagieren nach dieser Hypothese nur auf die Flugpfade in Betriebszustand, die Ausserbetriebszeiten werden nicht berücksichtigt und vermindern nicht den Belästigungsgrad, der während der Betriebszeit entsteht. Dies gilt nach vorliegenden Erfahrungen vor allem bei den in Ost-West gerichteten Flugpfad- und Rollbahnsystemen, bei denen auf Grund von meteorologischen Bedingungen Betriebsrichtung und räumliche Koordinaten der Pfade längeren Intervallen der Aktivierung und Passivierung des Flugbetriebs unterworfen sind. Trifft diese Hypothese zu, dann unterschätzt man mit Langzeitberechnungen der Belastung z.B. mit dem 180 Tagemittel L_{eq} die tatsächlich vorliegende Ausprägung der Belästigung von Anwohnern. Dass die

Ruhephasen nicht die Belastungsphasen kompensieren, kann damit zusammenhängen, dass das Eintreten der Belastung für den Anwohner nicht vorhersehbar ist und er jederzeit mit ihm rechnen muss. Die bisher vorliegenden Ergebnisse der Frankfurter Studie erhärten den Düsseldorfer Befund.

6. Anhang 1: Abbildungsverzeichnis

- Abb.1a Übersicht über Flugpfade des Flughafens Frankfurt, Bezeichnungen nach Datenerfassungssystem DES
- Abb. 1b Übersicht über 22 Ortslagen der Beschwerdeführer und Darstellung der berichtsinternen Flugpfadbezeichnungen
- Abb.2a Skizze der geometrischen Zusammenhänge Flugzeugposition, Flugpfad, Ablage und Immissionsaufpunkt (Anwohnerposition)
- Abb.2b Funktion zwischen Schallpegel L_{\max} und Abstand am Beispiel eines Flugzeugs der Gruppe S5
- Abb.3 Kumulative prozentuale Verteilung der gerechneten Überflugpegel L_{\max}
- Abb.4a Häufigkeitsverteilung der Überflugeräusch
- Abb.4b Überschreitung des Durchschnitts- L_{\max} durch Überflugpegel im Beschwerdeereignis für Ortslagenaufpunkte
- Abb.4c Tägliche Anzahl von Flugereignissen mit L_{\max} über 70 dB(A) (NAT70 - Werte)
- Abb.4d Mittlere L_{\max} -Werte des täglichen Überflugbetriebs in den Ortslagen
- Abb.5 Beziehung zwischen Lautheit in sone (Zwicker) und L_{\max} (dB(A)), für 303 Überflüge (Düsseldorf Lohausen 250697). Berechnung der sone-Werte aus 1sec Spektrum des L_{\max} mit SASS-Audio-Logger (Software Bisping)
- Abb.6a Überflugpegel L_{\max} in Abhängigkeit von der Überflughöhe für vier Typengruppen Boeing und Canadair, Daten Düsseldorfer Flughafenuntersuchungen
- Abb.6b Störanteil von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit von der Überflughöhe für vier Typengruppen Boeing und Canadair, Daten Düsseldorfer Flughafenuntersuchungen
- Abb.6c Störwirkung von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit vom Überflug- L_{\max} Felduntersuchung Düsseldorf- Lohausen 25.6.97 – 2.7. 97
1832 Überflüge 25 Anwohner
- Abb.7 Anzahl der Beschwerden pro Typengruppen (Tag/Nacht)
- Abb.8 Relative Verteilung der Beschwerden nach Flugzeugtypengruppen (Tag/Nacht)
- Abb.9 Anzahl der Überflugereignisse pro Flugzeugtyp
- Abb.10 Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Tag)
- Abb.11 Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Nacht)
- Abb.12 L_{\max} -Sollpegel für Flugzeugtypen
- Abb.12a L_{\max} -Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte

- Abb.12b L_{max} -Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte (vereinfachte Flugzeuggruppen)
- Abb.13 L_{max} -Überflugereignispegel für Flugzeugtypen
- Abb.14 Beziehung zwischen Typensollpegel und typenspezifischem Überflugpegel bei den Beschwerdeführern
- Abb.14a Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil bis 25 %, > 15 t)
- Abb.14b Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil bis 25,1-50 %, > 15 t)
- Abb.14c Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil über 50 %, > 15 t)
- Abb.15: Gegenüberstellung der Beschwerdehäufigkeit 1995 und Anzahl der Flugbewegungen 1995 tags am Flughafen Frankfurt nach Flugzeuggruppen
- Abb.15a Beschwerdehäufigkeit 1995 vs. Bewegungsmenge nach DES 1995 nach Flugzeuggruppen
- Abb.15b Beschwerdehäufigkeit 1995 vs. Bewegungsmenge nach DES 1995 Ausschnitt nach Flugzeuggruppen
- Abb.16 Vergleich der Beschwerde- und Bewegungshäufigkeit (nachts, 1995) nach Flugzeuggruppen
- Abb.17 Gegenüberstellung der Flugzeugbewegungen am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (tags, Halbjahreswerte) nach Flugzeuggruppen(vereinfacht)
- Abb.18 Gegenüberstellung der Flugzeugbewegungen am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (nachts, Halbjahreswerte)
- Abb.19 Veränderung der Flottenzusammensetzung am Flughafen Frankfurt 1995 gegenüber 1998 (tags, Halbjahreswerte)
- Abb.20 Veränderung der Flottenzusammensetzung am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (nachts, Halbjahreswerte)
- Abb.21 Relativer Anteil der Flugzeuggruppen an Beschwerden beim Start/Landebetrieb (Gesamtdaten)
- Abb.22 Beschwerdeverteilung (absolute Zahlen) über Flugzeuggruppen beim Start/Landebetrieb
- Abb.23 Anzahl von Kursablagen bei Beschwerdefällen für 25 Ortschaften
- Abb.24 Anzahl von Beschwerdefällen ohne vorliegende Kursablage für 25 Ortschaften
- Abb.25 L_{max} -Überflugpegel bei Beschwerden mit Kursablage

- Abb.26 L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden ohne Kursablage
- Abb.27 Tageszeitverteilung von Beschwerdefällen mit Kursablage nach Stunden (relativ)
- Abb.28 Tageszeitverteilung von Beschwerdefällen ohne Kursablage nach Stunden (relativ)
- Abb.28a L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden ohne Kursablage im Tageszeitverlauf
- Abb.29 L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden mit Kursablage im Tageszeitverlauf
- Abb.29a Beschwerdefrequenz in Abhängigkeit zur Entfernung Anwohnerposition zum Flugpfad für Start- und Landebetrieb
- Abb.29b L_{\max} -Überflugpegel in Abhängigkeit zur Entfernung Anwohnerposition zum Flugpfad bei Start- und Landebetrieb
- Abb.29c Kursablage in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb
- Abb.29d Überflughöhe in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb
- Abb.29e Beschwerdefrequenz in Ortslagen in Abhängigkeit vom L_{\max} Überflugpegel bei Start/Landebetrieb
- Abb.30a Relative Beschwerdefrequenz im Tageszeitverlauf (24 h - Kategorien)
- Abb.30b Relative Beschwerdefrequenz im Tageszeitverlauf (6 Abschnitts - Kategorien)
- Abb.31a Relative Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr
- Abb.31b Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.31c Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Flugzeuggruppen
- Abb.31d Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West
- Abb.31e Ausmass der Kursablage der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West

- Abb.31f Überflugpegel L_{max} beim Anwohner der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West
- Abb.32 Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Kurz- und Mittelstreckenbetrieb
- Abb.33 Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Langstrecken- und Militärbetrieb
- Abb.34 Region Osten: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.35 Region Süden: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.36 Region Westen: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.37 Region Ost: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.38 Region Süd: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.39 Region West: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.39a Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Flugpfaden (gesamt)
- Abb.39b Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Flugpfaden für Tag und Nacht
- Abb.39c Anzahl der Flugbewegungen auf den einzelnen Flugpfaden im Jahr 1995 (gesamt)
- Abb.39d Anzahl der Flugbewegungen auf den einzelnen Flugpfaden im Jahr 1998 (gesamt)
- Abb.39e Belästigung der Anwohner durch die Flugbewegungen der einzelnen Flugpfade
- Abb.40 Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Wochentage für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.40a Beschwerdeanzahl im Jahreszeitverlauf (Monatsmittel) Für Tag und Nacht
- Abb.41 Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Monate 1.95 –12.97: Jahreszeitverlauf der Beschwerdeaktivität
- Abb.41a Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Winter für Tag und Nacht (24h-Modell)
- Abb.41b Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Frühling für Tag und Nacht (24h-Modell)

- Abb.41c Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Sommer für Tag und Nacht (24h-Modell)
- Abb.41d Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Herbst für Tag und Nacht (24h-Modell)
- Abb.42a Aussentemperatur bei Beschwerdefällen nach Monaten geordnet
- Abb.42b Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Temperaturklassen der Monate
- Abb.43 Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel L_{max} im Monatsmittel
- Abb.44 Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel L_{max} (Monatsmittel) für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.45 Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 34 Ortslagen und dem zugehörigen Belastungspegel Leq_{3tag98}
- Abb.46 Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 10 Ortslagen und dem zugehörigen Belästigungsparameter $HA\%$ (Allgemeinbevölkerung)

7. Anhang 2: Tabellenverzeichnis

- T1 Darstellung der physikalischen Parameter der 22 Ortslagen Leq3, Nat70 und Lmax für die Jahre 1995 und 1998 ;Mittelwert über 180 Tage
- T2 Darstellung der physikalischen Belastungsparameter für 34 Aufpunkte der 22 Ortslagen der Beschwerdeführer: Leq3, Nat70 und Lmax für die Jahre 1995 und 1998; Mittelwert über 180 Tage,
- T3 Darstellung der physikalischen Überflugparameter für 32 Ortslagenaufpunkte(MW) der Beschwerdeereignisse: Typensollpegel Lmax, gerechnete Überflugpegel Lmax mit und ohne Ablage, Kursablage, Flughöhe,. Abstand Flugzeug zum Beschwerdeführer und Längsentfernung zum Start/Landepunkt
- T4 Einteilung der Flugzeugtypen in Gruppen nach einfachem 9 Klassen- und differenziertem 21 Klassensystem
- T5.1 Anzahl der Gesamt- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998 (Tag und Nacht)
- T5.2 Anzahl der Tag- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen(vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998
- T5.3 Anzahl der Nacht- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998
- T6 Zusammenfassung flugbetriebstechnischer Daten aus den Beschwerdeprotokollen nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)
- T7 Anzahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) bei bestimmten Windgeschwindigkeiten
- T8 Zahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) zu bestimmten Tageszeiten (6 Kategorien) und Darstellung der berechneten Überflugpegel Lmax nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)
- T9 Startverhalten verschiedener Flugzeugklassen: Längsabstand zum Anrollpunkt und Flughöhe
- T10 Korrelationen zwischen Anzahl der Beschwerden und Bewegungsparametern Leq und NAT70 der Wohnlagen der Beschwerdeführer über 32 Ortslagen

8. Anhang 3: Verräumlichte Darstellung der Ergebnisse: Kartenübersichten und Polarkoordinatentabellen von Merkmalen der Überflüge nach Ortslagen (Zeilen) und Flugpfaden (Spalten); Protokollblatt und Kodierungsplan

- A1 Anzahl der Beschwerden von 1/95 - 5/98 in räumlicher Darstellung
- A2 Beschwerdehäufigkeit der einzelnen Flugpfade in Polarkoordinatendarstellung
- A3 Anzahl der Beschwerden in den Tagesstunden in räumlicher Darstellung
- A4 Anzahl der Beschwerden in den Nachtstunden in räumlicher Darstellung
- A5 gerechneter L_{\max} -Überflug (Mittelwert) im Beschwerdefall, räumliche Darstellung
- A6 gerechneter Maximalpegel bei Überflug im Beschwerdefall, Polarkoordinatendarstellung
- A7 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S1 (Tag, räumliche Darstellung)
- A8 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S1 (Nacht, räumliche Darstellung)
- A9 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S4 (Tag, räumliche Darstellung)
- A10 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S4 (Nacht, räumliche Darstellung)
- A11 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S7 (Tag, räumliche Darstellung)
- A12 Anzahl der Beschwerden, ausgelöst durch die Flugzeuggruppe S7 (Nacht, räumliche Darstellung)
- A13 Mittlere Kursablage (räumliche Darstellung)
- A14 Mittlere Kursablage in Polarkoordinatendarstellung
- A15 Prozentualer Anteil der Beschwerden mit Kursablage (räumliche Darstellung)
- A16 Anzahl der Flugzeuge mit Kursablage (nur Beschwerdefälle - räumliche Darstellung)
- A17 Mittlerer Maximalpegel L_{\max} in Beschwerdefällen mit Kursablage (räumliche Darstellung)
- A18 Mittlerer Maximalpegel L_{\max} in Beschwerdefällen ohne Kursablage (räumliche Darstellung)
- A19 Anzahl der Pegelüberschreitungen über 70 dB(A) NAT70 in den Tagesstunden 1998 (räumliche Darstellung)

- A20 Anzahl der Pegelüberschreitungen über 70 dB(A) NAT70 in den Nachtstunden 1998
(räumliche Darstellung)
- A21 Dauerschallpegel L_{eq} für die Tagesstunden im Jahr 1998 in
Polarkoordinatendarstellung
- A22 Dauerschallpegel L_{eq} für die Tagesstunden im Jahr 1998 in räumlicher Darstellung
- A23 Dauerschallpegel L_{eq} für die Nachtstunden im Jahr 1998 in
Polarkoordinatendarstellung
- A24 Dauerschallpegel L_{eq} für die Nachtstunden im Jahr 1998 in räumlicher Darstellung
- A25 Maximalpegel L_{max} für die Tagesstunden im Jahr 1998 in
Polarkoordinatendarstellung
- A26 Maximalpegel L_{max} für die Tagesstunden im Jahr 1998 in räumlicher Darstellung
- A27 Maximalpegel L_{max} für die Nachtstunden im Jahr 1998 in
Polarkoordinatendarstellung
- A28 Maximalpegel L_{max} für die Nachtstunden im Jahr 1998 in räumlicher Darstellung
- A29 Beschwerden aufgeschlüsselt nach Monaten (Modalwerte) in
Polarkoordinatendarstellung
- A30 Vorherrschende Windrichtungen (Modalwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A31 Vorherrschende Windgeschwindigkeiten (Modalwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A32 Vorherrschende Luftfeuchtigkeit (Modalwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A33 Höhe der Überflüge (Mittelwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A34 Flugzeugtypen in fortlaufender numerischer Codierung (Modalwerte) in
Polarkoordinatendarstellung
- A35 Flugzeugtypen in fortlaufender numerischer Codierung für die Tagesstunden
(Modalwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A36 Tag- und Nachtverteilung (Modalwerte) in Polarkoordinatendarstellung
- A37 Tageszeitverteilung der Beschwerden in 6 Kategorien in Polarkoordinatendarstellung
- A38 Ansicht Protokollblatt Beschwerdeereignis
- A39 Übersicht über Variablen und Kodierungsplan

9. Literatur

BELL, P. A., FISHER J. D., BAUM A. UND GREENE T. E.: Environmental Psychology, Holt, Rinehardt und Winston, Fort Worth 1990

BORSKY, P. N.: The use of social surveys for measuring community responses to noise environments: in J. D. Chalupnik (Ed.) Transportation noises. A symposium on acceptability criteria, Ann Arbor 1970, p 219 227

BULLINGER, M.: Befindlichkeitsstörungen: in: Wichmann, E., Schlipkötter H. W. und Füllgraf (Hrsg.), Handbuch der Umweltmedizin, V13.1-11, Düsseldorf VDI-Verlag, 1992,

DEJONG, R.: Extraaurale Wirkungen von Fluglärm auf die Gesundheit: in H. Ising und Kruppa, B: Lärm und Krankheit, Gustav Fischer Stuttgart, 1993, p 250-269

DIN 45643 Messung und Beurteilung von Flugzeuggeräuschen

FELSCHER-SUHR U., R. GUSKI, M. HUNECKE, J. KASTKA, R. PAULSEN, R. SCHUEMER: Disturbance of every day activities due to road traffic and aircraft noise. In: Hill F. A., R. Lawrence (ed.): ICA 96, Vol. V: 2321-2324, Liverpool, 1996

FELSCHER-SUHR U., R. GUSKI, M. HUNECKE, J. KASTKA, R. PAULSEN, R. SCHUEMER, J. VOGT: Eine methodologische Studie zur aktuellen Erfassung von Alltagstätigkeiten und deren Störung durch Umweltlärm. Z. Lärmbekämpf.: 43, 61-68, 1996

KASTKA, J.: Fluglärmwirkung und Probleme ihrer Erfassung in: Öser, K. und J. H. Beckers: Fluglärm: Ein Kompendium für Betroffene, C. Müller, Karlsruhe 1987, p 69 86

KASTKA J., E. BORSCH-GALETKE, E. BUCHTA, J. KRAUTH, U. MAU, T. MUTH, R. SCHÜMER S. SIEGMANN: Untersuchungen zum Lärmkontingenzkonzept: Akzeptanz, Belästigungsverhalten und Meinungsbild der Bevölkerung am Beispiel des Düsseldorfer Flughafens 1987-1995. In: Portele T., W. Hess (Hrsg.): Fortschritte der Akustik - DAGA 96: Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V., 1996. p 258-259

KASTKA J., E. BORSCH-GALETKE, E. BUCHTA, U. MAU, T. MUTH, S. SIEGMANN: Interdisziplinäre Längsschnitt-Untersuchungen zur Wirkung von Fluglärm auf die Anwohner am Düsseldorfer Flughafen 1987-1995. In: Münzberger E.: Verh. Dtsch. Arbeitsmed. Umweltmed.: 469-472, Rindt, Fulda, 1996

KASTKA J., E. BORSCH-GALETKE, E. BUCHTA, J. KRAUTH, U. MAU, T. MUTH, R. SCHÜMER, S. SIEGMANN: Untersuchungen zum Lärmkontingenzkonzept: Akzeptanz, Belästigungsverhalten und Meinungsbild der Bevölkerung am Beispiel des Düsseldorfer Flughafens 1987-1995. In: Portele T., W. Hess (Hrsg.): Fortschritte der Akustik - DAGA 96: 258-259, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V., 1996

KASTKA J., U. MAU, T. MUTH, S. SIEGMANN: Standings and results of the research on aircraft noise - longitudinal study at Düsseldorf airport 1987-1995: an empirical analysis on the effects of increasing number decreasing average level of the single event. In: Hill F. A., R. Lawrence (ed.): ICA 96, Vol. I: 305-310, Liverpool, 1996

KASTKA, J, E. BORSCH-GALETKE, U. MAU, T. MUTH, S. SIEGMANN Belastung durch Fluglärm an Landeplätzen der allgemeinen Luftfahrt. In: Hrsg.:Borsch-Galetke, E., Struwe, F.,: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. Rindt Fulda 1997; S. 449-451

KASTKA, J., BUCHTA, E., RITTERSTAEDT, U., PAULSEN, R. UND MAU, U.: The long term effect of noise protection barriers on the annoyance response of residents: Journal of Sound and Vibration, 1995, 184(5), p 823-852

KASTKA J., M. FAUST: Vorhersage von Belästigungsreaktionen auf Fluglärm durch Pegelüberschreitungshäufigkeitsmaße In: Sill A. (Hrsg.): Fortschritte der Akustik - DAGA 98: 36-37, Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V., 1998

KASTKA, J., M. FAUST, K. WEBER, S. LOSBERG, E. BORSCH-GALETKE, W. N. KÜHN-VELTEN, J. KRAUTH Cortisolausscheidung als Nachweis einer Streßreaktion von Anwohnern eines Großflughafens. In: Hrsg.: Rettenmeier A W, Feldhaus C (Hrsg) Verh Dtsch Ges. Arbeitsmed Umweltmed. Rindt Fulda 1999; S 655-657

KASTKA J., U. MAU, T. MUTH, S. SIEGMANN: Standings and results of the research on aircraft noise - longitudinal study at Düsseldorf airport 1987-1995: an empirical analysis on the effects of increasing number decreasing average level of the single event. In: Hill F. A., R. Lawrence (ed.): ICA 96, Vol. I:Liverpool, 1996, p 305-310

KASTKA, J. , T. MUTH, U. MAU, M. FAUST, A. LINNEMEIER, M. NEUMANN, E. BORSCH-GALETKE: Einzelereignisorientierte Analyse der Belästigungsreduktion von Anwohnern eines Großflughafens. In: Hrsg.: Hallier E, Bünger J (Hrsg) Verh Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed. Rindt Fulda 1998; S 767-769

KROHNE, H. W.: Streß und Streßbewältigung: in R. Schwarzer (Hrsg.): Gesundheitspsychologie, Hogrefe Göttingen 1990, p 263-277

LINDVALL, T. UND P. RADFORD: Measurement of Annoyance due to Exposure to Environmental Factors. Environmental Research 6 1973, p 1-36

MAU, U, T. MUTH, J. KASTKA, E. BORSCH-GALETKE Belästigungswirkung und Gesundheitszufriedenheit von Anwohnern am Flughafen Düsseldorf: Vergleich zweier Erhebungsmethoden. In: Hrsg.: Borsch-Galetke, E., Struwe, F.,: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. Rindt Fulda 1997; S. 453-454

OECD: Sector group on the urban environment: Social and Economic Impact of Aircraft Noise, Paris, 1973

SCHULTZ, T. J.: Synthesis of social surveys on noise annoyance, J. Acoust. Soc. Am., 64, 1978, p 377-405

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect public Health and Welfare with an adequate Margin of Safety, Washington DC, 1974, p 27

6. Anhang 1: Abbildungsverzeichnis 86 Abbildungen Nr. 1 - 46

- Abb.1a Übersicht über Flugpfade des Flughafens Frankfurt, Bezeichnungen nach Datenerfassungssystem DES
- Abb. 1b Übersicht über 22 Ortslagen der Beschwerdeführer und Darstellung der berichtsinternen Flugpfadbezeichnungen
- Abb.2a Skizze der geometrischen Zusammenhänge Flugzeugposition, Flugpfad, Ablage und Immissionsaufpunkt (Anwohnerposition)
- Abb.2b Funktion zwischen Schallpegel L_{\max} und Abstand am Beispiel eines Flugzeugs der Gruppe S5
- Abb.3 Kumulative prozentuale Verteilung der gerechneten Überflugpegel L_{\max}
- Abb.4a Häufigkeitsverteilung der Überflugeräusche
- Abb.4b Überschreitung des Durchschnitts- L_{\max} durch Überflugpegel im Beschwerdeereignis für Ortslagenaufpunkte
- Abb.4c Tägliche Anzahl von Flugereignissen mit L_{\max} über 70 dB(A) (NAT70 - Werte)
- Abb.4d Mittlere L_{\max} -Werte des täglichen Überflugbetriebs in den Ortslagen
- Abb.5 Beziehung zwischen Lautheit in sone (Zwicker) und L_{\max} (dB(A)), für 303 Überflüge (Düsseldorf Lohhausen 250697). Berechnung der sone-Werte aus 1sec Spektrum des L_{\max} mit SASS-Audio-Logger (Software Bisping)
- Abb.6a Überflugpegel L_{\max} in Abhängigkeit von der Überflughöhe für vier Typengruppen Boeing und Canadair, Daten Düsseldorfer Flughafenuntersuchungen
- Abb.6b Störanteil von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit von der Überflughöhe für vier Typengruppen Boeing und Canadair, Daten Düsseldorfer Flughafenuntersuchungen
- Abb.6c Störwirkung von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit vom Überflug- L_{\max} Felduntersuchung Düsseldorf- Lohhausen 25.6.97 – 2.7. 97
1832 Überflüge 25 Anwohner
- Abb.7 Anzahl der Beschwerden pro Typengruppen (Tag/Nacht)
- Abb.8 Relative Verteilung der Beschwerden nach Flugzeugtypengruppen (Tag/Nacht)
- Abb.9 Anzahl der Überflugereignisse pro Flugzeugtyp
- Abb.10 Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Tag)
- Abb.11 Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Nacht)
- Abb.12 L_{\max} -Sollpegel für Flugzeugtypen

- Abb.12a L_{max}-Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte
- Abb.12b L_{max}-Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte (vereinfachte Flugzeuggruppen)
- Abb.13 L_{max}-Überflugeignispegel für Flugzeugtypen
- Abb.14 Beziehung zwischen Typensollpegel und typenspezifischem Überflugpegel bei den Beschwerdeführern
- Abb.14a Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil bis 25 %, > 15 t)
- Abb.14b Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil bis 25,1-50 %, > 15 t)
- Abb.14c Tabelle Düsseldorfer Ergebnisse: Mittelwert der Flugzeugtypen (Störanteil über 50 %, > 15 t)
- Abb.15: Gegenüberstellung der Beschwerdehäufigkeit 1995 und Anzahl der Flugbewegungen 1995 tags am Flughafen Frankfurt nach Flugzeuggruppen
- Abb.15a Beschwerdehäufigkeit 1995 vs. Bewegungsmenge nach DES 1995 nach Flugzeuggruppen
- Abb.15b Beschwerdehäufigkeit 1995 vs. Bewegungsmenge nach DES 1995 Ausschnitt nach Flugzeuggruppen
- Abb.16 Vergleich der Beschwerde- und Bewegungshäufigkeit (nachts, 1995) nach Flugzeuggruppen
- Abb.17 Gegenüberstellung der Flugzeugbewegungen am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (tags, Halbjahreswerte) nach Flugzeuggruppen(vereinfacht)
- Abb.18 Gegenüberstellung der Flugzeugbewegungen am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (nachts, Halbjahreswerte)
- Abb.19 Veränderung der Flottenzusammensetzung am Flughafen Frankfurt 1995 gegenüber 1998 (tags, Halbjahreswerte)
- Abb.20 Veränderung der Flottenzusammensetzung am Flughafen Frankfurt 1995/1998 (nachts, Halbjahreswerte)
- Abb.21 Relativer Anteil der Flugzeuggruppen an Beschwerden beim Start/Landebetrieb (Gesamtdaten)
- Abb.22 Beschwerdeverteilung (absolute Zahlen) über Flugzeuggruppen beim Start/Landebetrieb
- Abb.23 Anzahl von Kursablagen bei Beschwerdefällen für 25 Ortslagen
- Abb.24 Anzahl von Beschwerdefällen ohne vorliegende Kursablage für 25 Ortslagen

- Abb.25 L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden mit Kursablage
- Abb.26 L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden ohne Kursablage
- Abb.27 Tageszeitverteilung von Beschwerdefällen mit Kursablage nach Stunden (relativ)
- Abb.28 Tageszeitverteilung von Beschwerdefällen ohne Kursablage nach Stunden (relativ)
- Abb.28a L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden ohne Kursablage im Tageszeitverlauf
- Abb.29 L_{\max} -Überflugpegel bei Beschwerden mit Kursablage im Tageszeitverlauf
- Abb.29a Beschwerdebhäufigkeit in Abhängigkeit zur Entfernung Anwohnerposition zum Flugpfad für Start- und Landebetrieb
- Abb.29b L_{\max} -Überflugpegel in Abhängigkeit zur Entfernung Anwohnerposition zum Flugpfad bei Start- und Landebetrieb
- Abb.29c Kursablage in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb
- Abb.29d Überflughöhe in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb
- Abb.29e Beschwerdebhäufigkeit in Ortslagen in Abhängigkeit vom L_{\max} Überflugpegel bei Start/Landebetrieb
- Abb.30a Relative Beschwerdebhäufigkeit im Tageszeitverlauf (24 h - Kategorien)
- Abb.30b Relative Beschwerdebhäufigkeit im Tageszeitverlauf (6 Abschnitts - Kategorien)
- Abb.31a Relative Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr
- Abb.31b Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.31c Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Flugzeuggruppen
- Abb.31d Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West

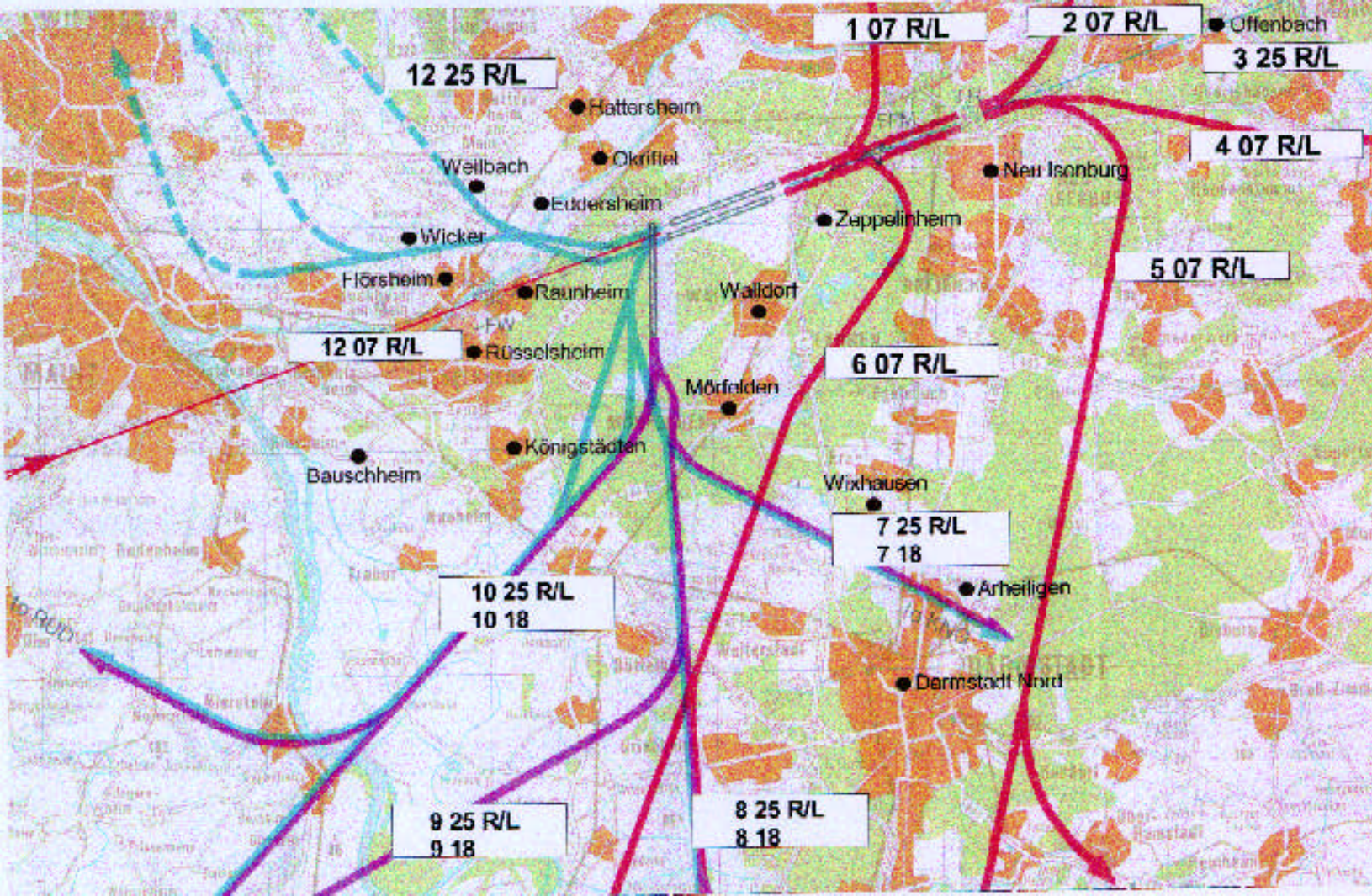
- Abb.31e Ausmass der Kursablage der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West
- Abb.31f Überflugpegel Lmax beim Anwohner der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West
- Abb.32 Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Kurz- und Mittelstreckenbetrieb
- Abb.33 Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Langstrecken- und Militärbetrieb
- Abb.34 Region Osten: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.35 Region Süden: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.36 Region Westen: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model
- Abb.37 Region Ost: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.38 Region Süd: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.39 Region West: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb
- Abb.39a Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Flugpfaden (gesamt)
- Abb.39b Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Flugpfaden für Tag und Nacht
- Abb.39c Anzahl der Flugbewegungen auf den einzelnen Flugpfaden im Jahr 1995 (gesamt)
- Abb.39d Anzahl der Flugbewegungen auf den einzelnen Flugpfaden im Jahr 1998 (gesamt)
- Abb.39e Belästigung der Anwohner durch die Flugbewegungen der einzelnen Flugpfade
- Abb.40 Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Wochentage für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.40a Beschwerdeanzahl im Jahreszeitverlauf (Monatsmittel) Für Tag und Nacht
- Abb.41 Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Monate 1.95 –12.97: Jahreszeitverlauf der Beschwerdeaktivität
- Abb.41a Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Winter für Tag und Nacht (24h-Modell)

- Abb.41b Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Frühling für Tag und Nacht Nacht (24h-Modell)
- Abb.41c Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Sommer für Tag und Nacht Nacht (24h-Modell)
- Abb.41d Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Herbst für Tag und Nacht Nacht (24h-Modell)
- Abb.42a Aussentemperatur bei Beschwerdefällen nach Monaten geordnet
- Abb.42b Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Temperaturklassen der Monate
- Abb.43 Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel L_{max} im Monatsmittel
- Abb.44 Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel L_{max} (Monatsmittel) für Tag- und Nachtbetrieb
- Abb.45 Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 34 Ortslagen und dem zugehörigen Belastungspegel Leq_{3tag98}
- Abb.46 Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 10 Ortslagen und dem zugehörigen Belästigungsparameter $HA\%$ (Allgemeinbevölkerung)

Abb. 1a: Übersicht über Flugpfade des Flughafen Frankfurt, Bezeichnungen nach DES



Abb. 1b: Übersicht über Ortslagen der Beschwerdeführer und Darstellung der berichtsinternen Flugpfadbezeichnungen



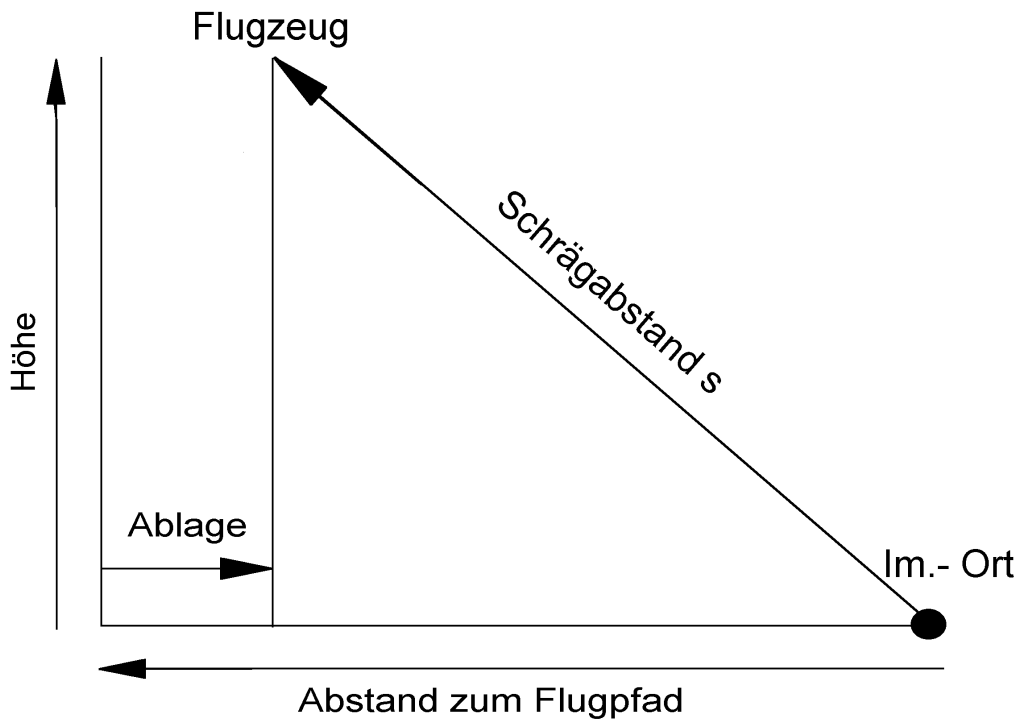


Abb 2a: Skizze der geometrischen Zusammenhänge

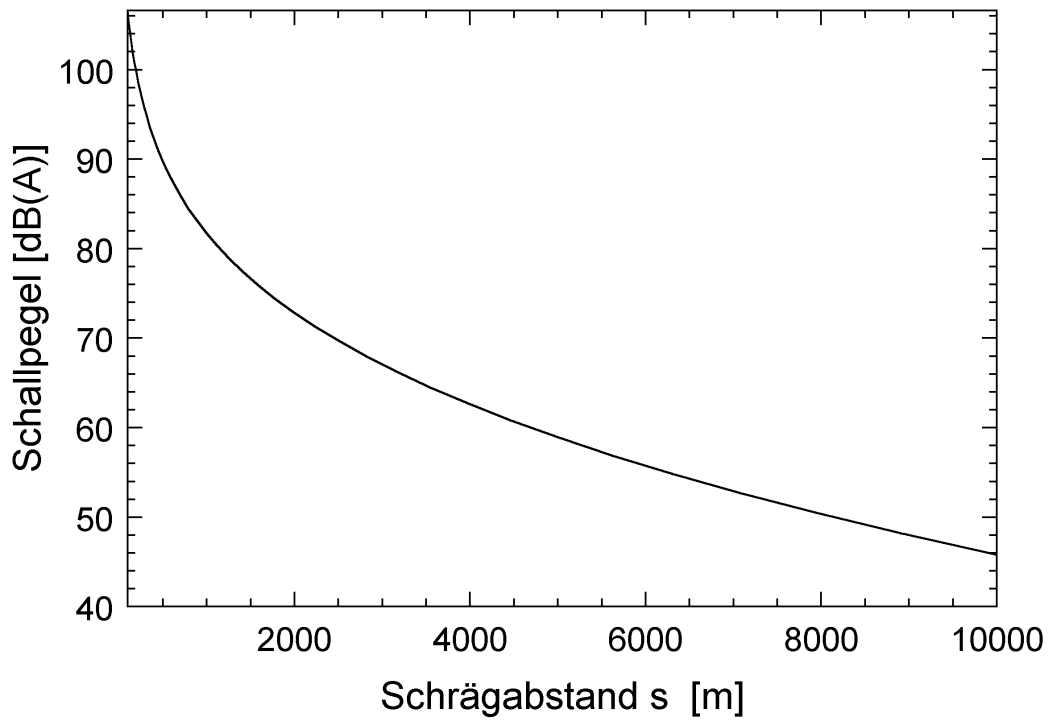


Abb 2b: Funktion zwischen Schallpegel L_{max} und Abstand am Beispiel einer Flugzeugklasse

Abb. 3: Kumulative prozentuale Verteilung der Überflugpegel Lmax

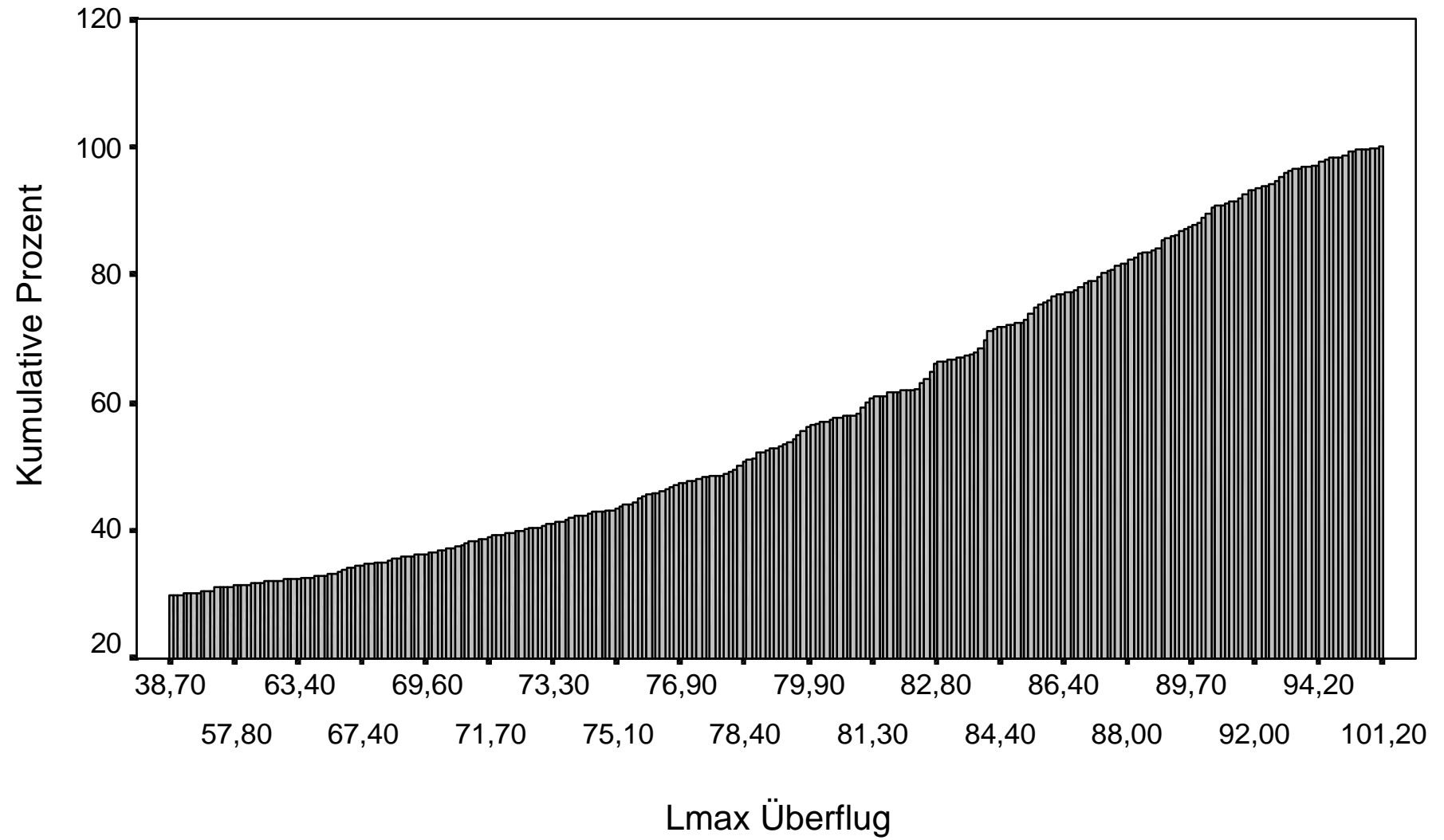


Abb. 4a: Häufigkeitsverteilung der Überflugeräusche

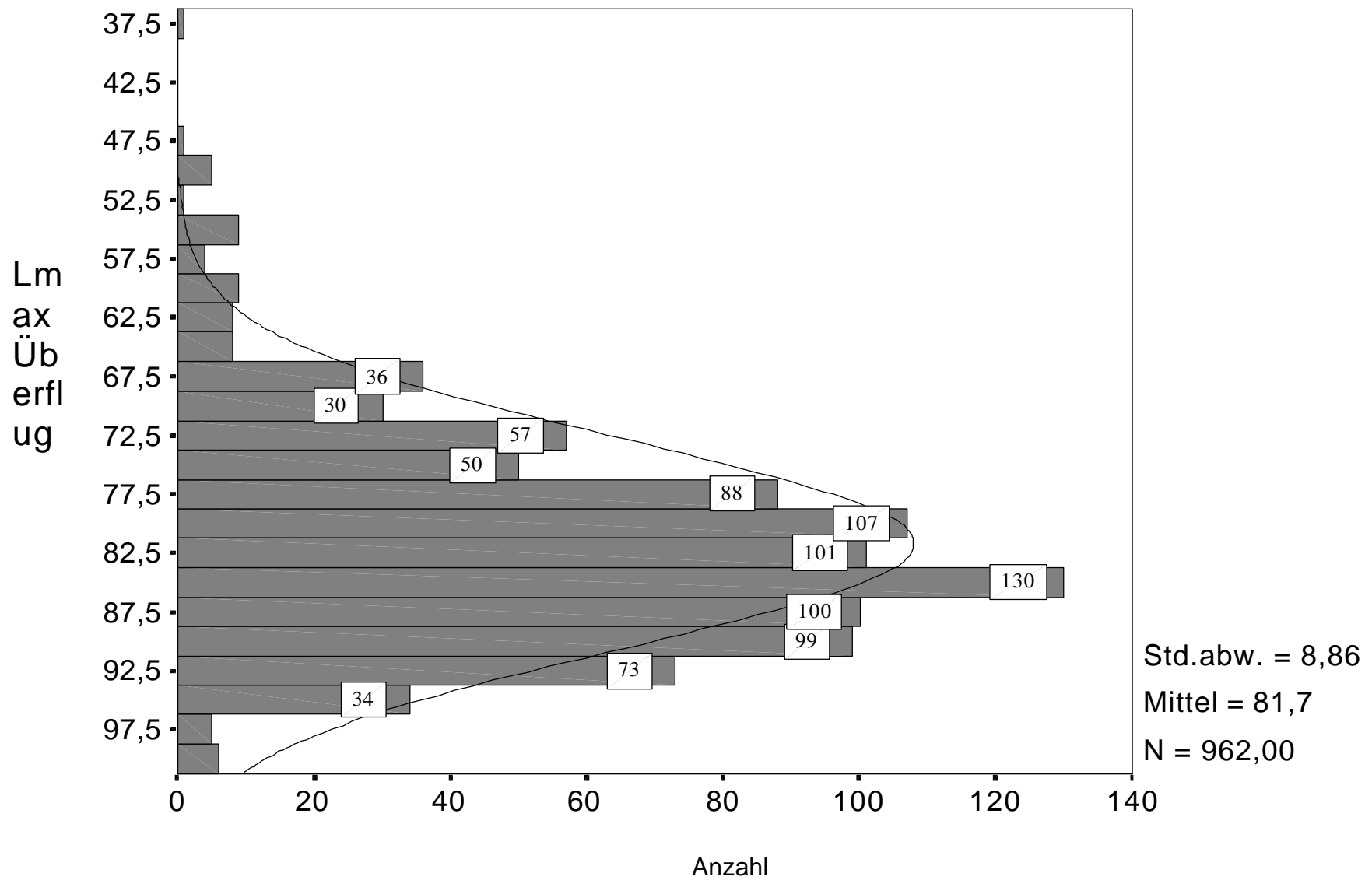


Abb. 4b: Überschreitung des Durchschnitts-Lmax 1998 Ortslagen durch
Überflugpegel der Beschwerdeereignisse

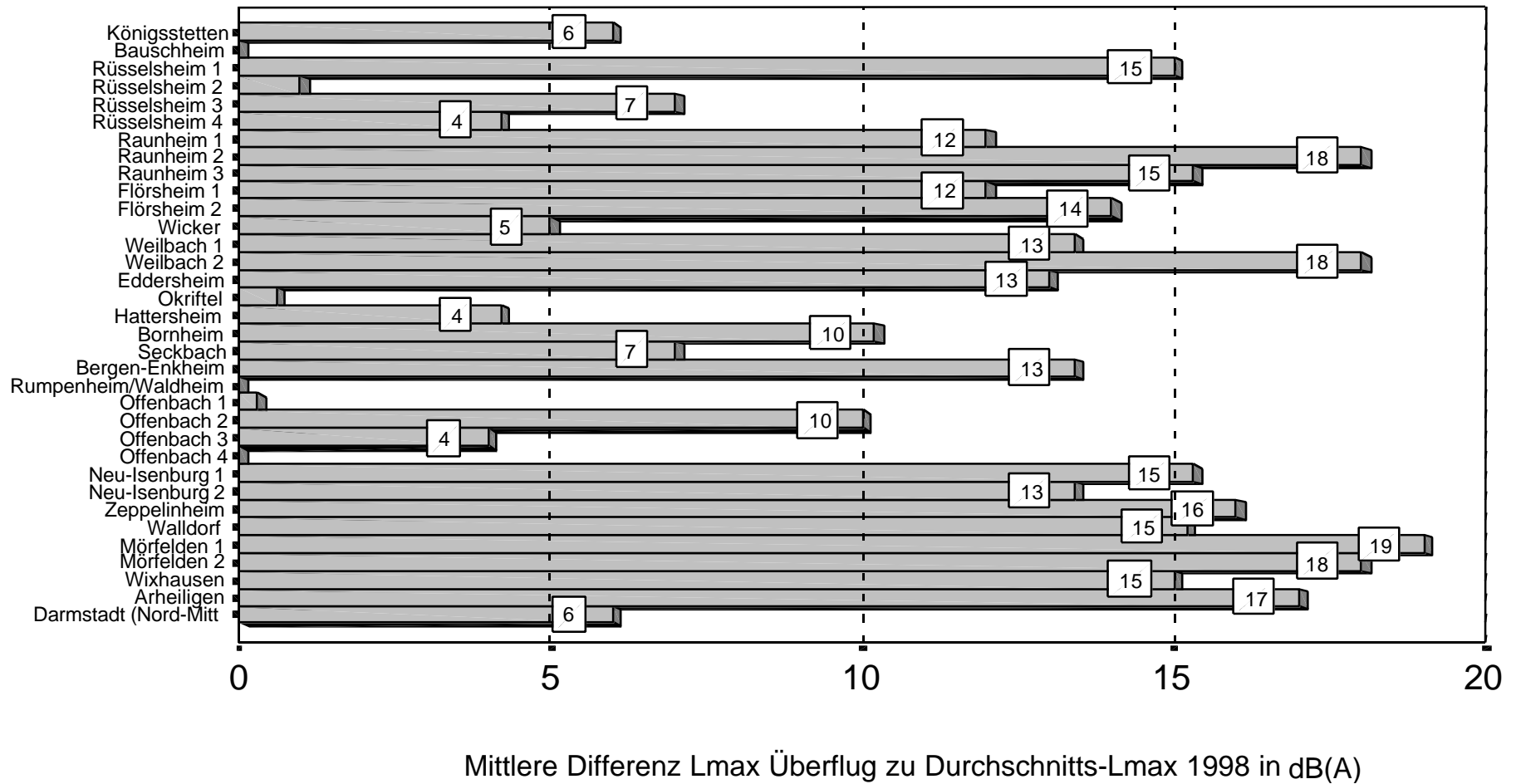
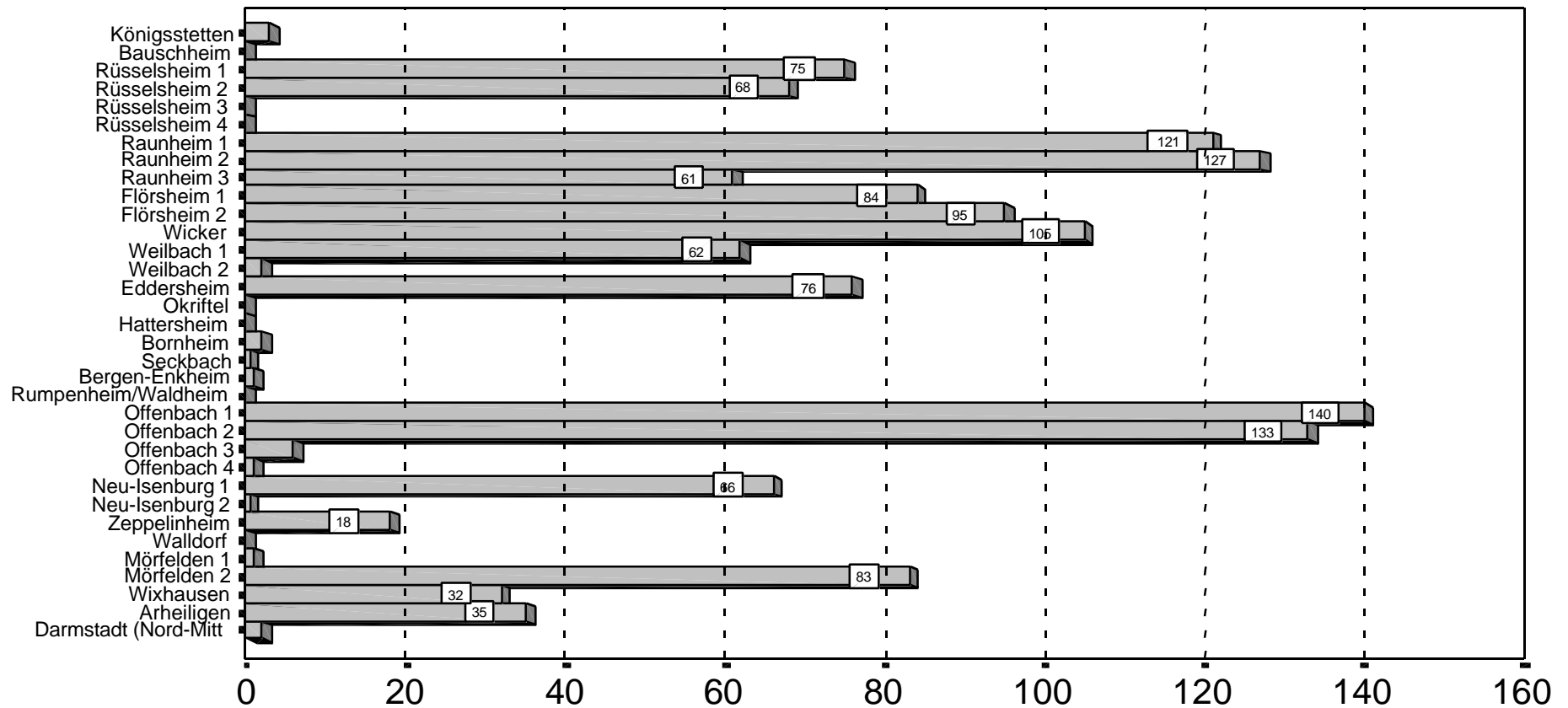


Abb. 4c: Tägliche Anzahl von Flugereignissen mit Lmax über 70 dB(A)

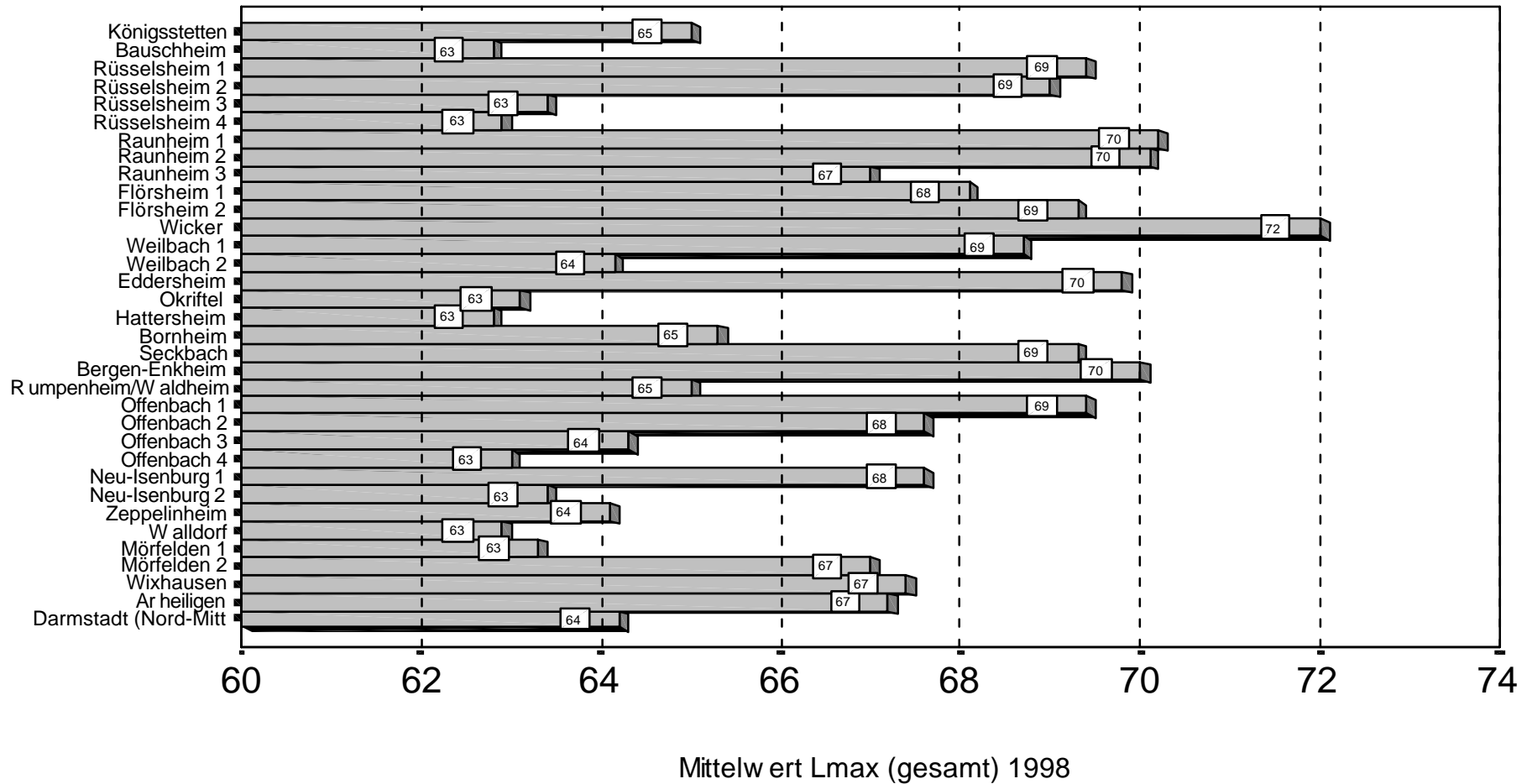
Ortslagenmittel über 180 Tage, DES 98



Mittelwert NAT70 (gesamt) 1998

Abb. 4d: Mittel der Lmax-Werte des tägl. Überflugbetriebs in Ortslagen

180 Tage Mittel DES 1998



Beziehung zwischen Lautheit in sone (Zwicker) und Lmax (dB(A)), für 303 Überflüge (Düsseldorf Lohhausen 250697). Berechnung der sone-Werte aus 1sec Spectrum des Lmax mit SASS-Audio-Logger (Bisping)

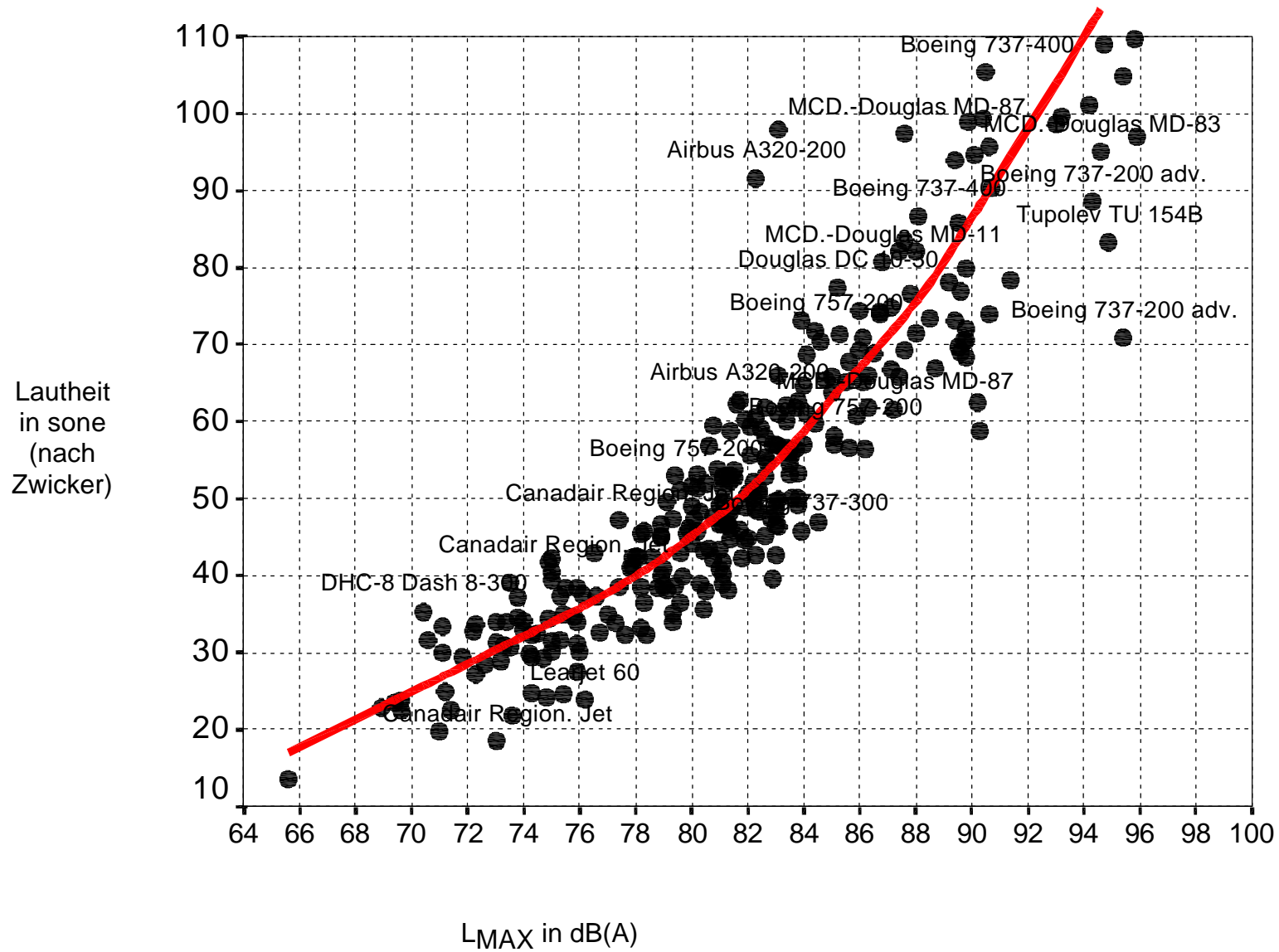
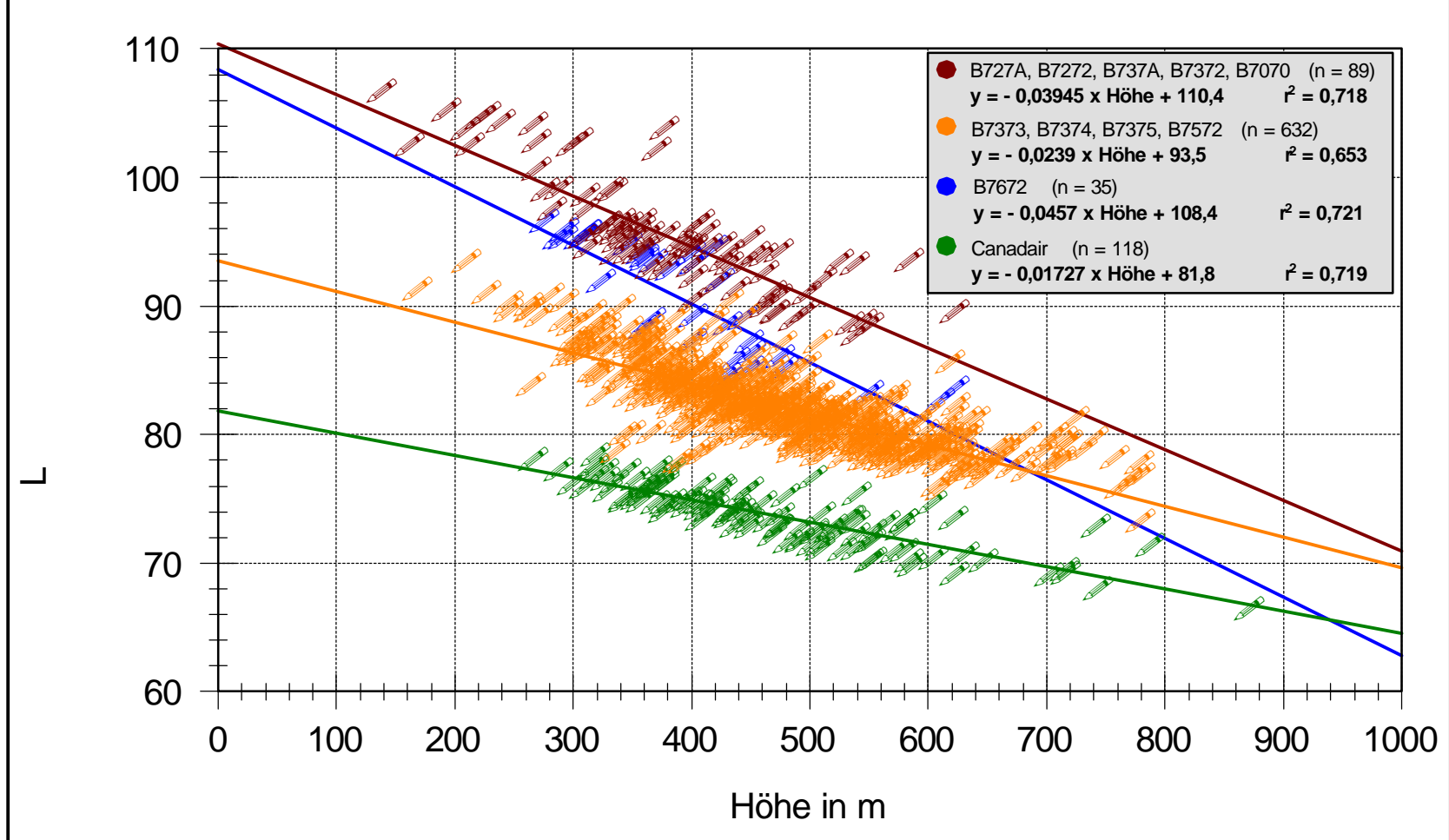


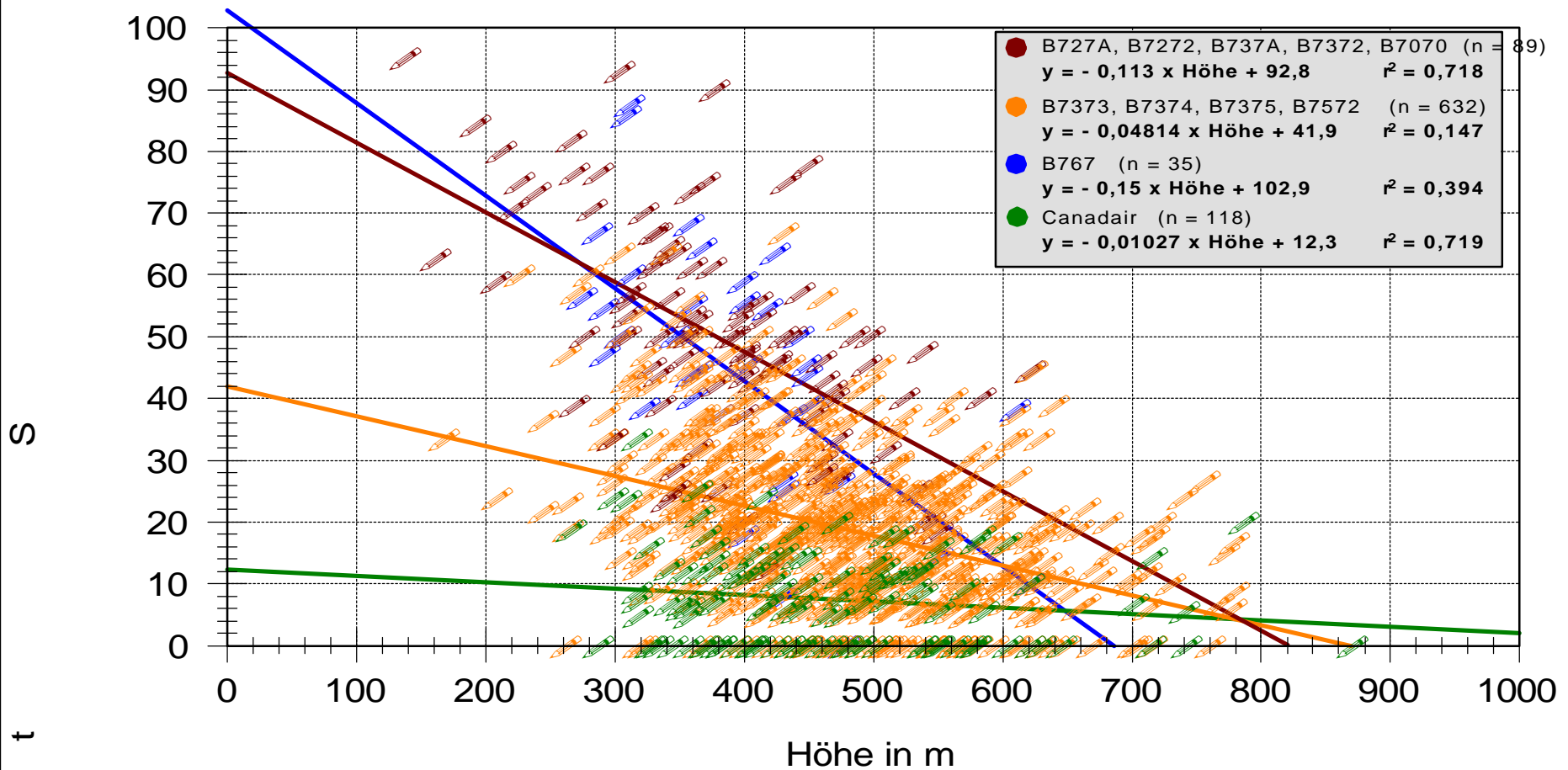
Abb. 6a: Überflugpegel Lmax in Abhängigkeit von der Überflughöhe
für 4 Typengruppen von Boeing und Canadair vom 25.6.1997 - 2.7.1997, Starts (n = 875)



Dr. J. Kastka, Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin

6b

Abb. 6b: Störanteil von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit von der Überflughöhe für 4 Typengruppen: Boeing und Canadair (Düsseldorf 25.6.1997 - 2.7.1997) (n = 875 Überflugereignisse)



6c

Abb. 6c: Störwirkung von Überflügen im Anwohnerurteil in Abhängigkeit von Überflug-Lmax

Felduntersuchung Düsseldorf-Lohausen 25.6.1997 - 2.7.1997:1832 Überflüge, 25 Anwohner

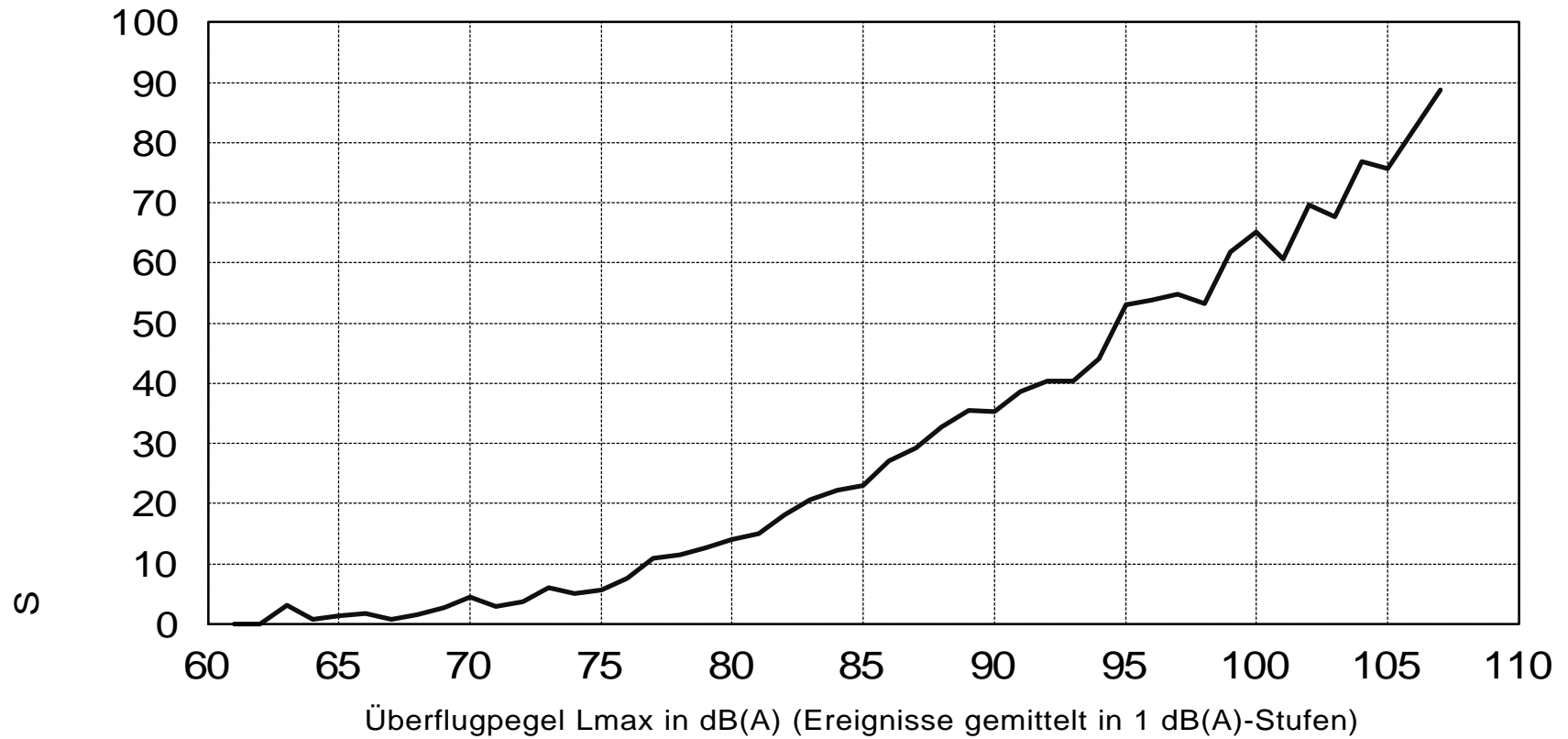


Abb. 7: Anzahl der Beschwerden pro Typengruppe Tag/Nacht

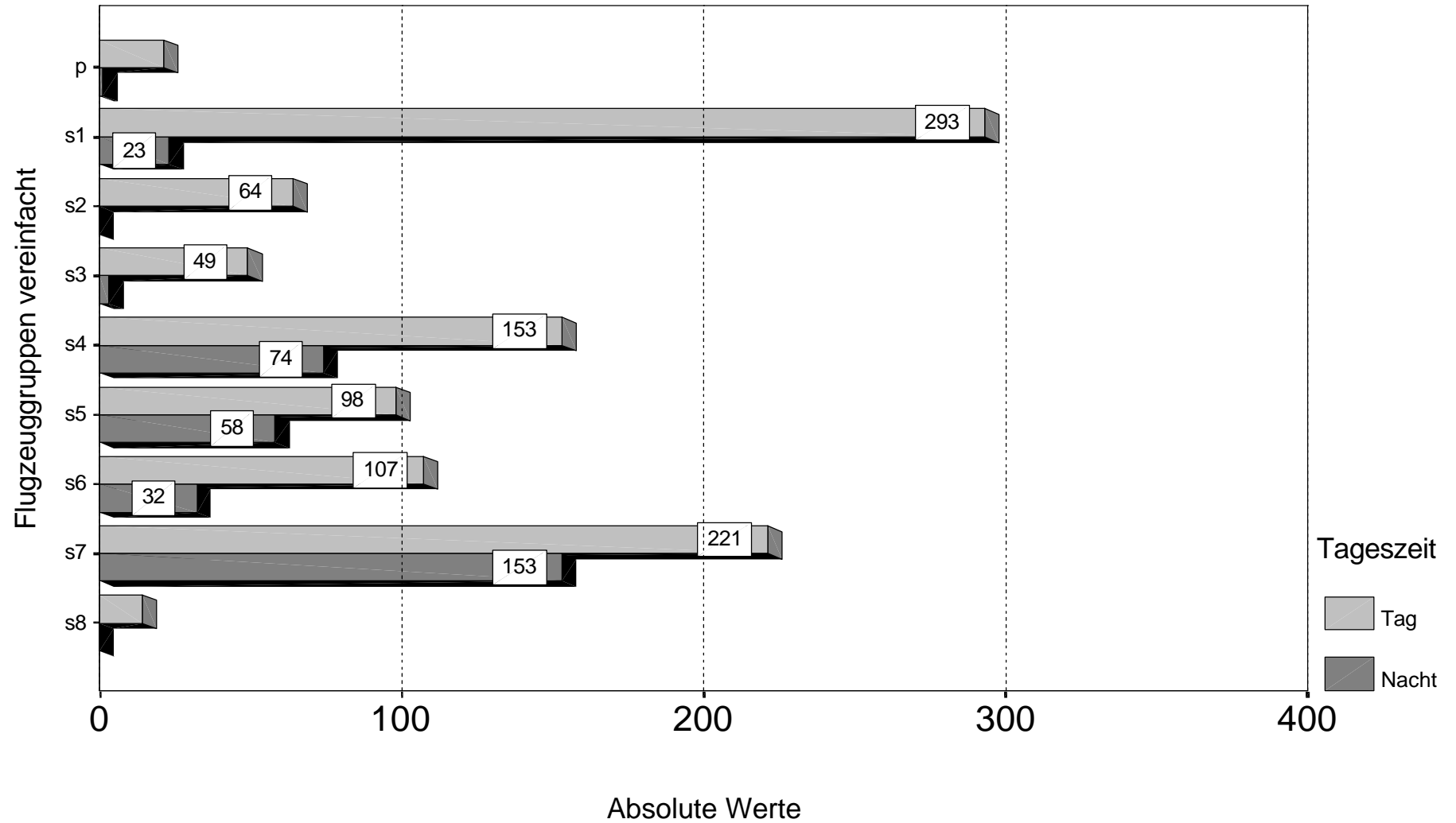


Abb. 8: Relative Anzahl der Beschwerden pro Typengruppe Tag/Nacht

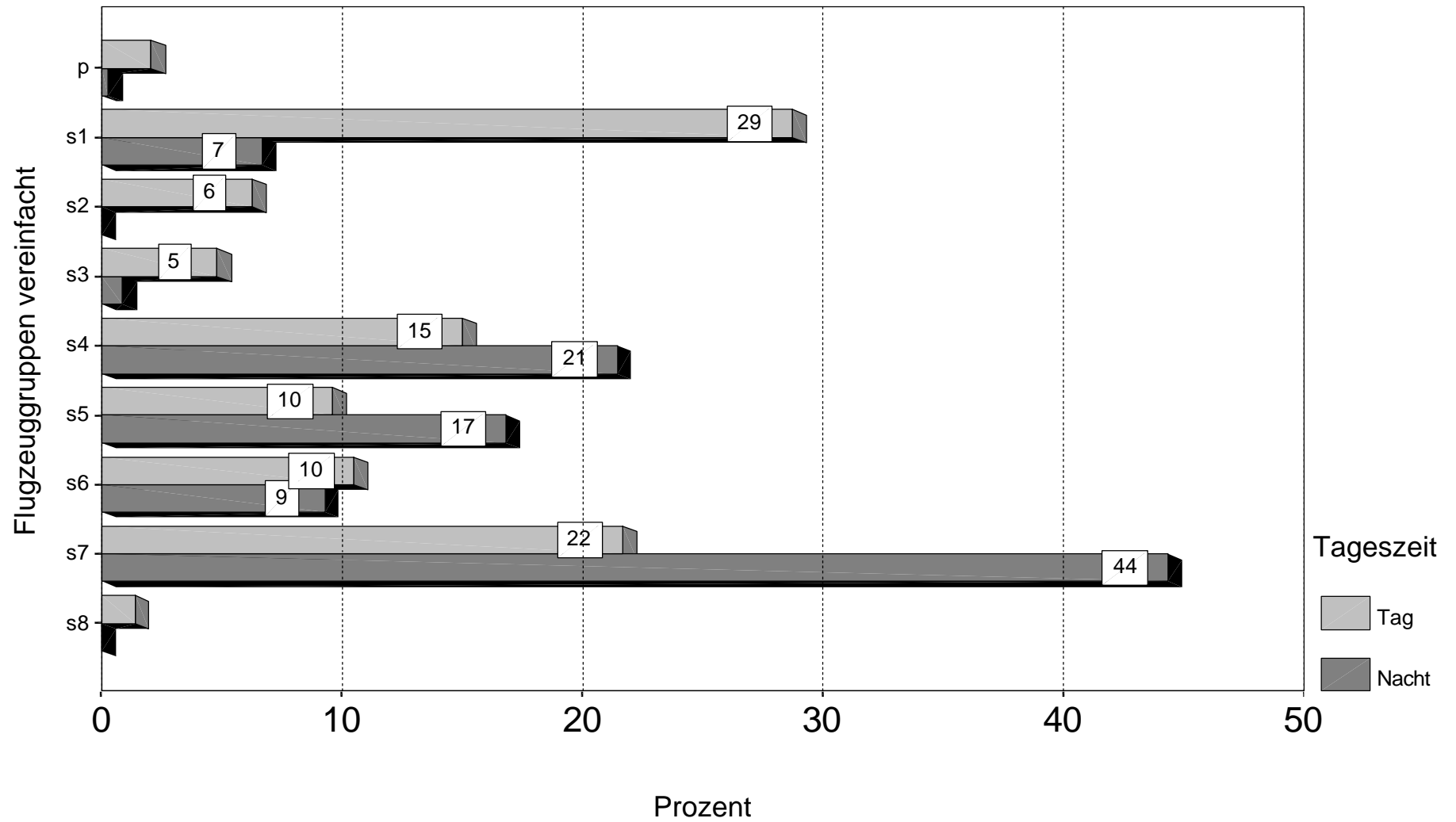


Abb. 9: Anzahl der Überflüge für Flugzeugtypen

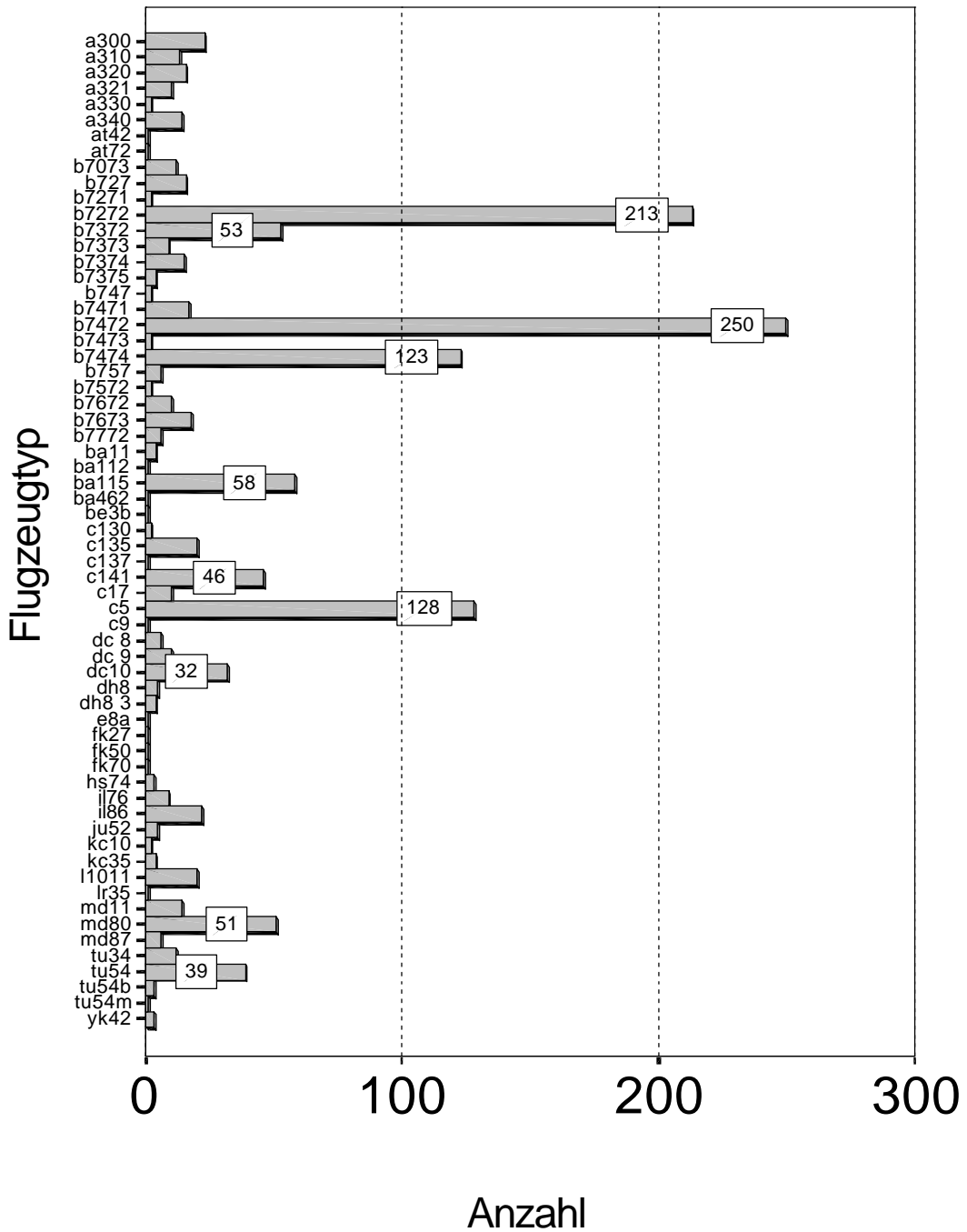


Abb. 10: Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Tag)

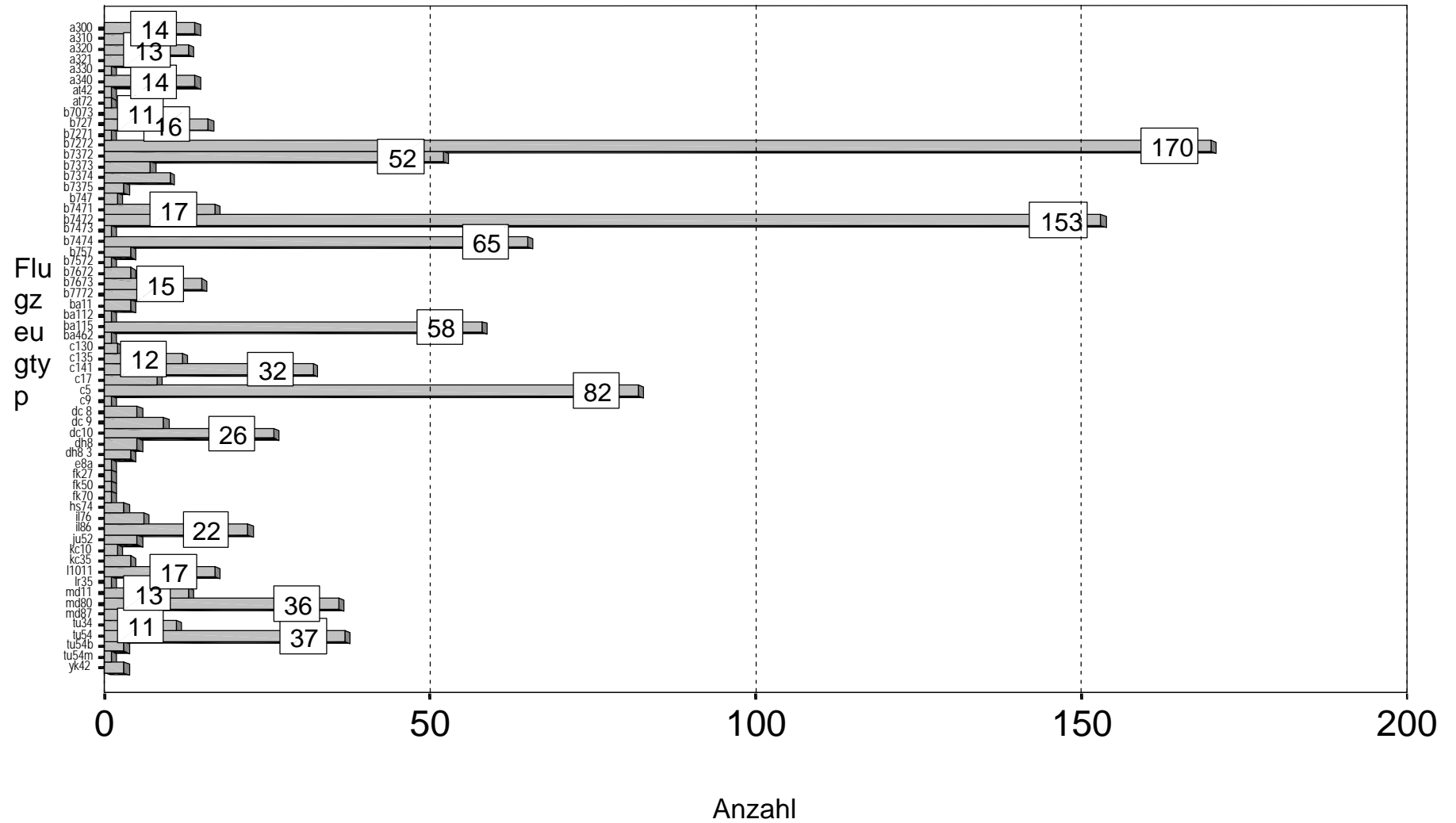


Abb. 11: Anzahl der Beschwerden pro Flugzeugtyp (Nacht)

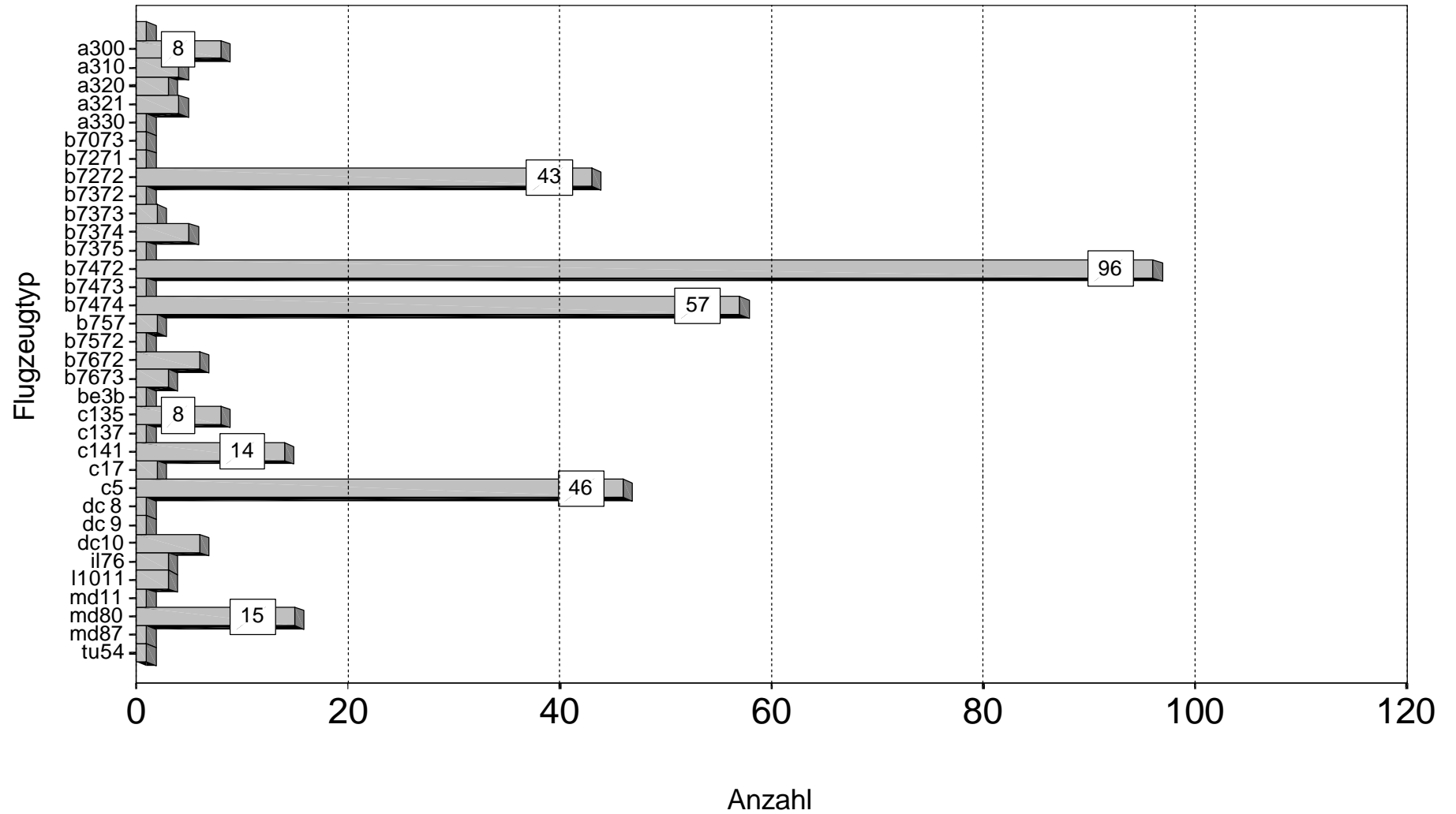
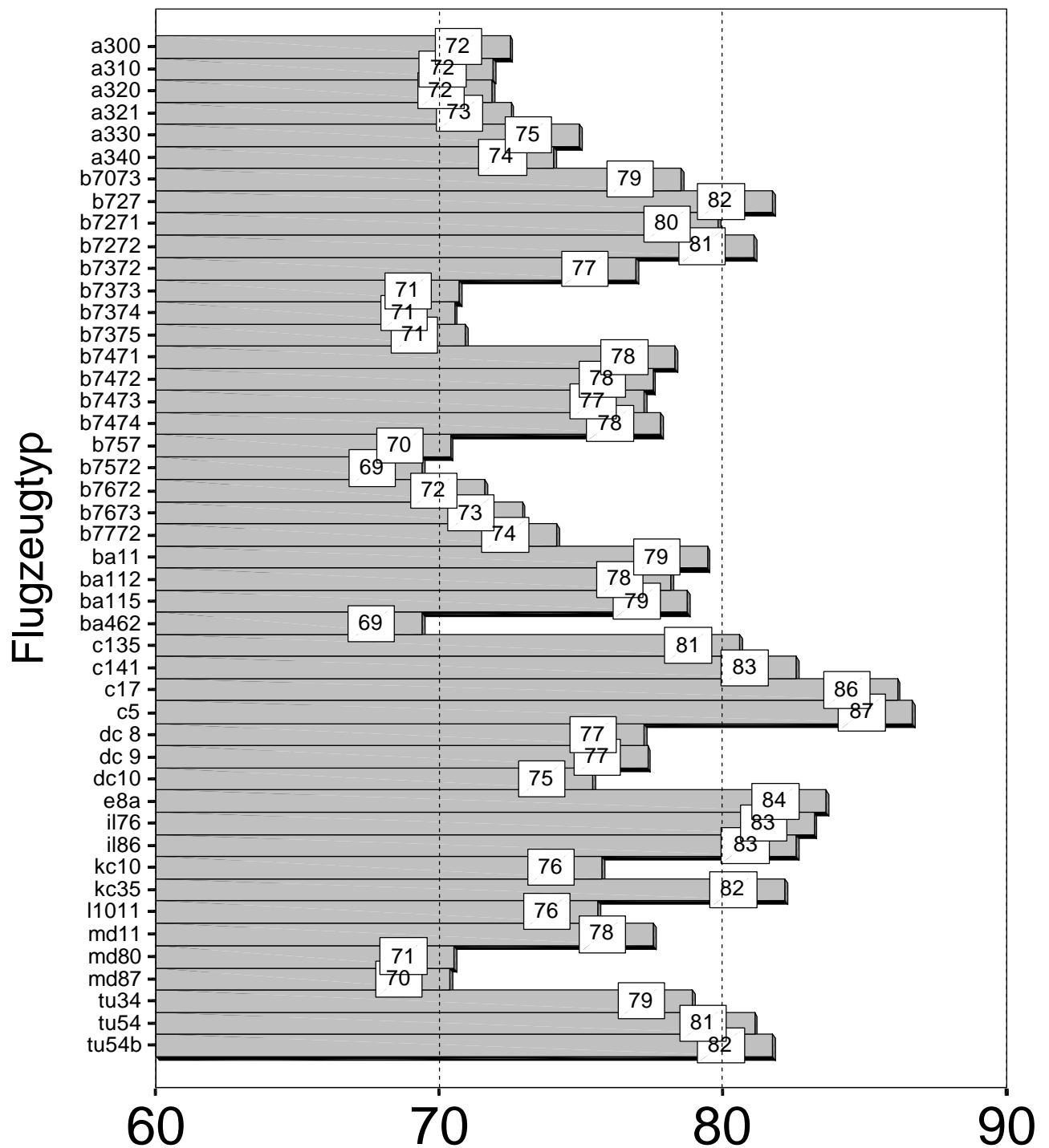


Abb. 12: Lmax Typensollpegel für Flugzeugtypen



Mittelwert Typenpegel MW über FH-Meßpunkte

Abb. 12a: Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte

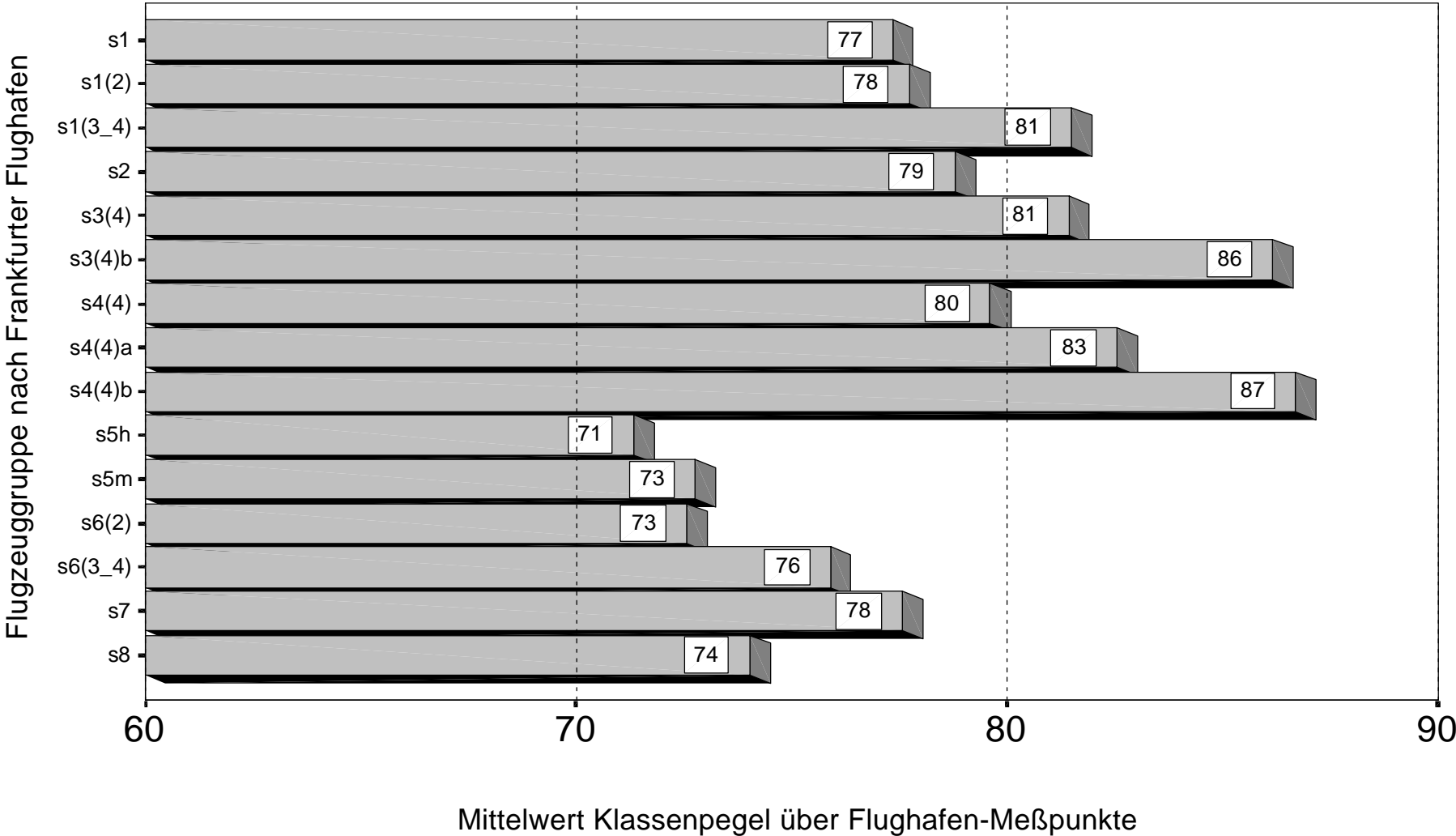


Abb. 12b: Klassensollwerte als Mittel über Meßpunkte

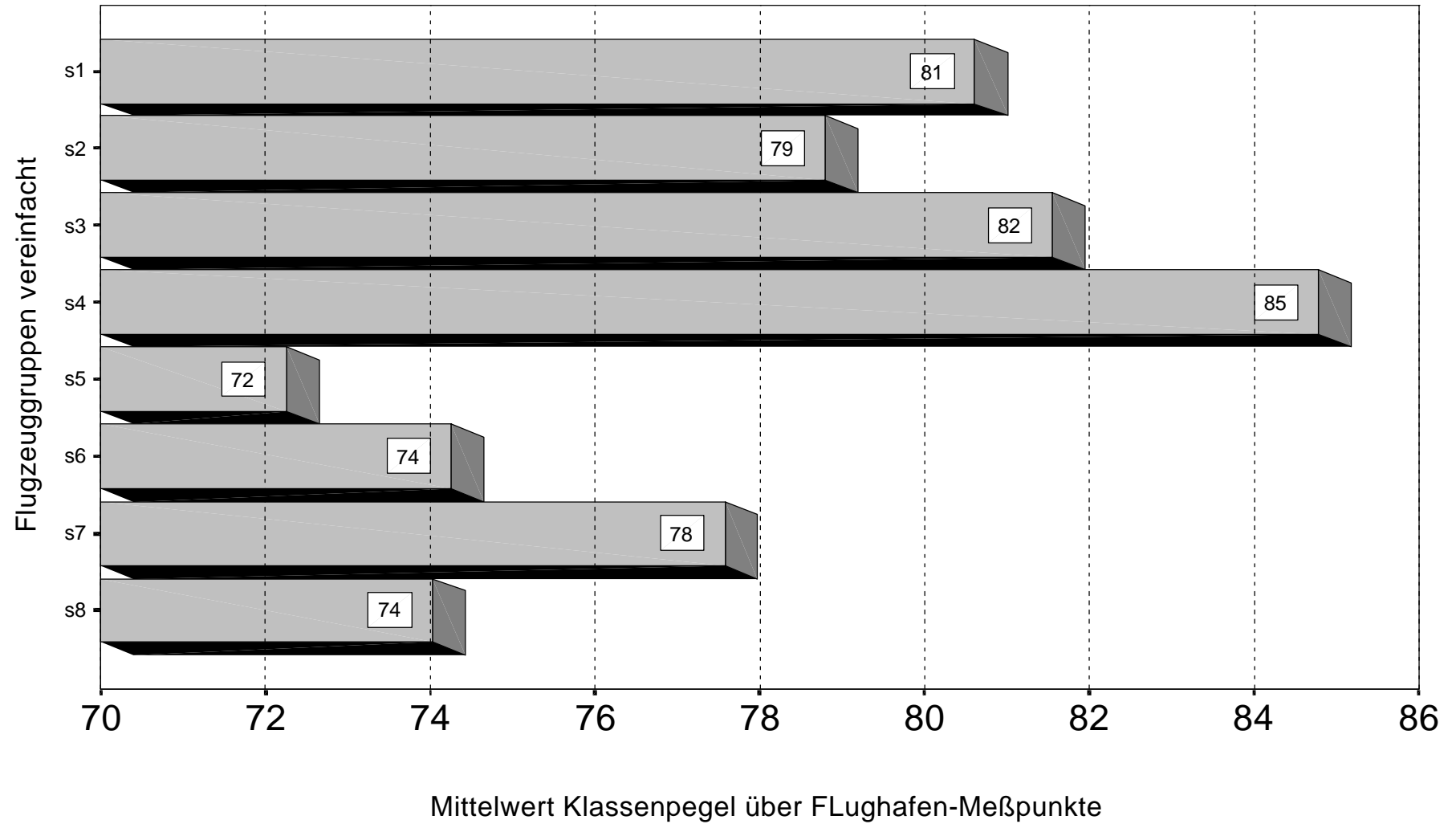


Abb. 13: Lmax Überflugereignis für Flugzeugtypen

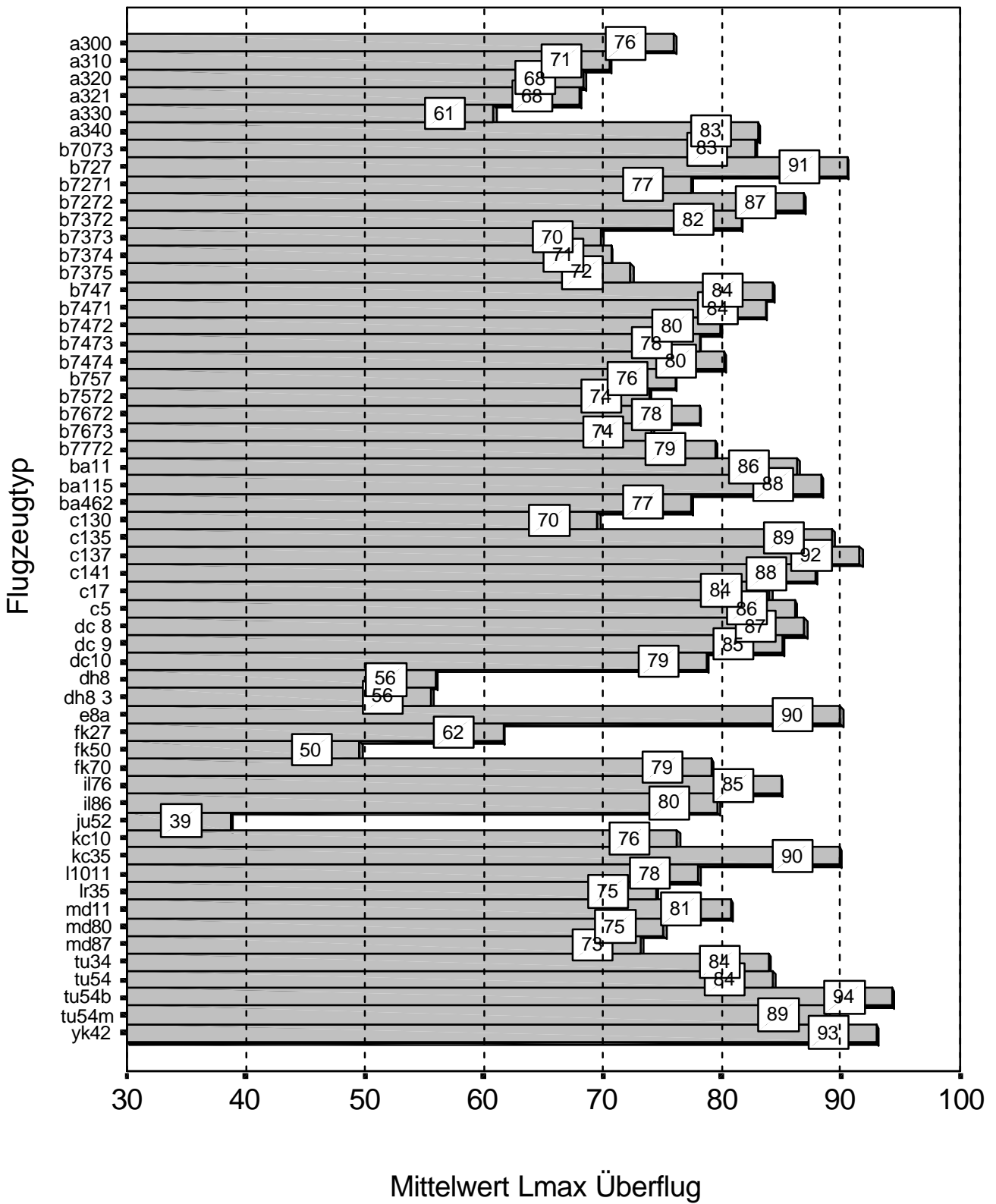


Abb. 14: Beziehung zwischen Typensollpegel und
 typenspezifischem Überflugpegel bei Beschwerdeführern

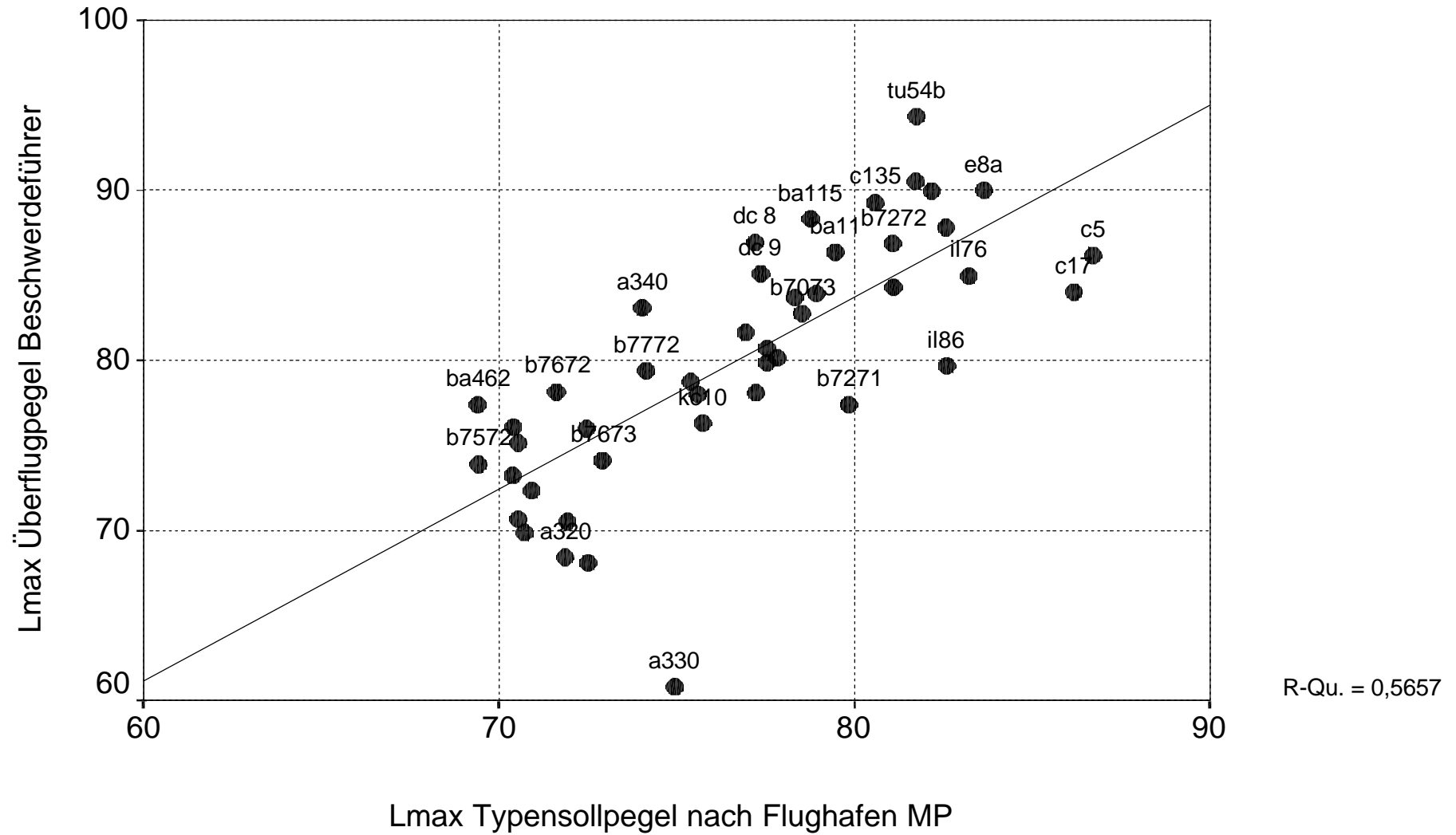


Abb. 14a: Mittelwerte der Typen (Stoeranteil bis 25 %)

Flugzeug	lmax	Höhe	Gewicht	Störant.	Anzahl	Anz/Tag
Saab 2000	70,7	448	22,8	3,3	30	3,8
Challenger CL600/601	73,0	508	20,2	3,3	2	0,3
DHC-8 Dash 8-300	71,1	342	19,5	3,4	19	2,4
ATR42-200	72,8	441	16,8	3,9	44	5,5
ATR72	74,8	463	21,5	4,7	55	6,9
DHC-8 Dash 8-100	,	387	15,6	5,6	1	0,1
Canadair Region. Jet	73,9	455	23,7	8,1	136	17,0
MCD.-Douglas MD-88	87,0	622	72,6	10,5	1	0,1
BAE RJ Avroliner 70	83,2	384	43,1	11,1	3	0,4
Dassault Falcon 900	82,1	454	20,5	11,7	6	0,8
BAE RJ Avroliner 85	77,8	486	44,0	12,4	64	8,0
BAE 146-200	80,2	357	42,2	12,8	14	1,8
BAE RJ Avrol 100/115	79,4	456	46,0	12,9	9	1,1
Boeing 737-500	80,5	523	54,4	14,3	212	26,5
Fokker 70	81,6	455	38,2	15,3	18	2,3
Dassault Falcon 50	83,1	389	18,2	15,5	6	0,8
Airbus A319	81,4	498	68,5	16,9	56	7,0
Fokker 100	83,9	436	42,9	18,7	41	5,1
Boeing 737-300	82,0	469	59,6	18,9	295	36,9
Falcon 2000	77,0	373	16,6	21,1	1	0,1
Airbus A320-200	82,6	441	73,8	22,5	171	21,4
Boeing 757-200	83,2	428	106,6	22,6	118	14,8
Grumman Gulfstr. IV	87,1	321	35,0	23,1	1	0,1
Airbus A300-600	83,8	449	150,0	24,3	5	0,6
Mittelwert Typen:	79,7	441	44,7	13,2	55	7
Mittelwert Ereignisse:	79,4	462	54,4	15,4	1308	

Abb. 14b: Mittelwerte der Typen (Stoeranteil 26 - 50 %)

Flugzeug	lmax	Höhe	Gewicht	Störant.	Anzahl	Anz/Tag
Airbus A321-100	83,9	456	83,0	25,4	45	5,6
BAE 146-300	81,9	319	44,0	26	8	1,0
MCD.-Douglas MD-87	88,7	513	62,0	27,7	39	4,9
Airbus A320-100	82,4	459	66,0	28,8	3	0,4
ea313	85,4	392	150,0	29,3	17	2,1
Boeing 737-400	87,2	364	67,0	31	72	9,0
Fokker F-28/4000	93,0	386	33,0	31,3	1	0,1
MCD.-Douglas MD-81	89,1	502	64,0	33,7	13	1,6
Airbus A330-300	88,7	371	213,0	34	61	7,6
Airbus A310-200	88,0	352	140,0	35,3	16	2,0
MCD.-Douglas MD-83	93,3	385	73,0	38,3	31	3,9
Tupolev TU 154M	91,5	424	100,0	38,5	15	1,9
MCD.-Douglas MD-82	91,9	439	67,0	38,6	27	3,4
Douglas DC 10-30	90,5	413	260,0	42,9	33	4,1
Boeing 767-300	90,0	389	182,0	43	41	5,1
Boeing 737-200	98,3	319	54,0	45	4	0,5
MCD.-Douglas MD11	91,3	440	280,0	46,4	42	5,3
Antonov An 24	90,5	376	22,0	46,7	1	0,1
Boeing 737-200 adv.	94,1	397	52,0	46,7	77	9,6
Douglas DC 9-30	99,6	301	49,0	48,2	3	0,4
Mittelwert Typen:	90,0	400	103,1	36,8	27	3
Mittelwert Ereignisse:	89,7	408	123,7	36,9	549	

Abb. 14c: Mittelwerte der Typen (Stoeranteil ueber 50 %)

Flugzeug	Imax	Höhe	Gewicht	Störant.	Anzahl	Anz/Tag
Airbus A300-B4	91,9	336	158,6	51	20	2,5
Tupolev TU 154B	97,1	374	98,0	56,5	3	0,4
Airbus 340-300	94,2	225	257,0	58	8	1,0
BAE One-Eleven 500	101,1	301	47,5	62	4	0,5
Boeing 727-200 adv.	101,8	282	82,3	63,2	5	0,6
Boeing 707-320B	99,2	322	151,7	66,7	1	0,1
Douglas DC 9-50	99,5	301	55,5	66,7	1	0,1
Tupolev TU 134A	101,2	250	47,9	71,5	3	0,4
Yakovlev Yak 42	100,9	202	56,5	74,4	2	0,3
Boeing 272-200	104,8	237	86,4	82,9	8	1,0
Mittelwert Typen:	99,2	283	104,1	65,3	6	1
Mittelwert Ereignisse:	97,1	290	132,3	61,4	55	

Abb.15: Gegenüberstellung von Beschwerdehäufigkeit 1995 und Anzahl der Flugbewegungen 1995 tags nach Flugzeuggruppen, relative Anteile

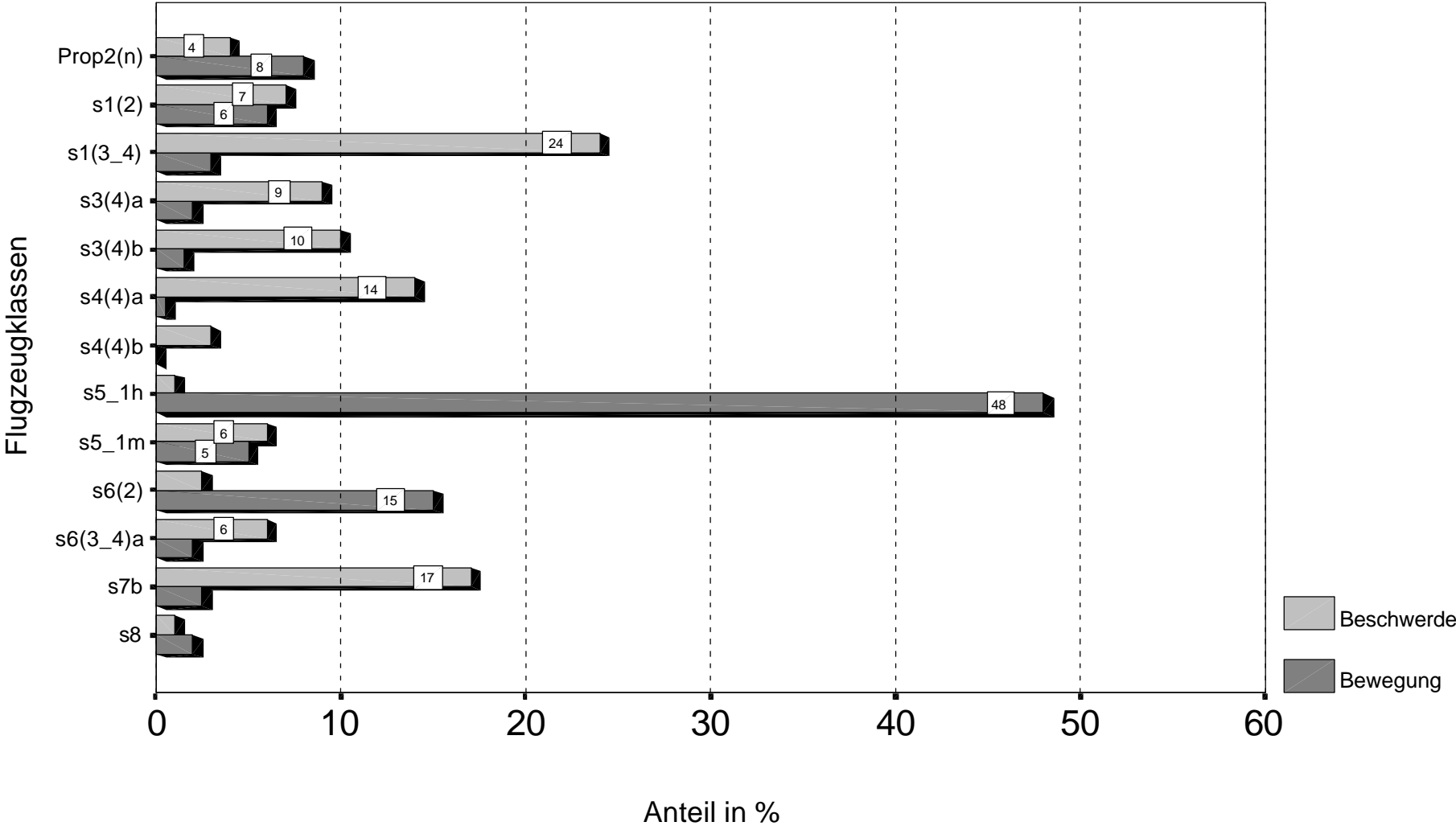
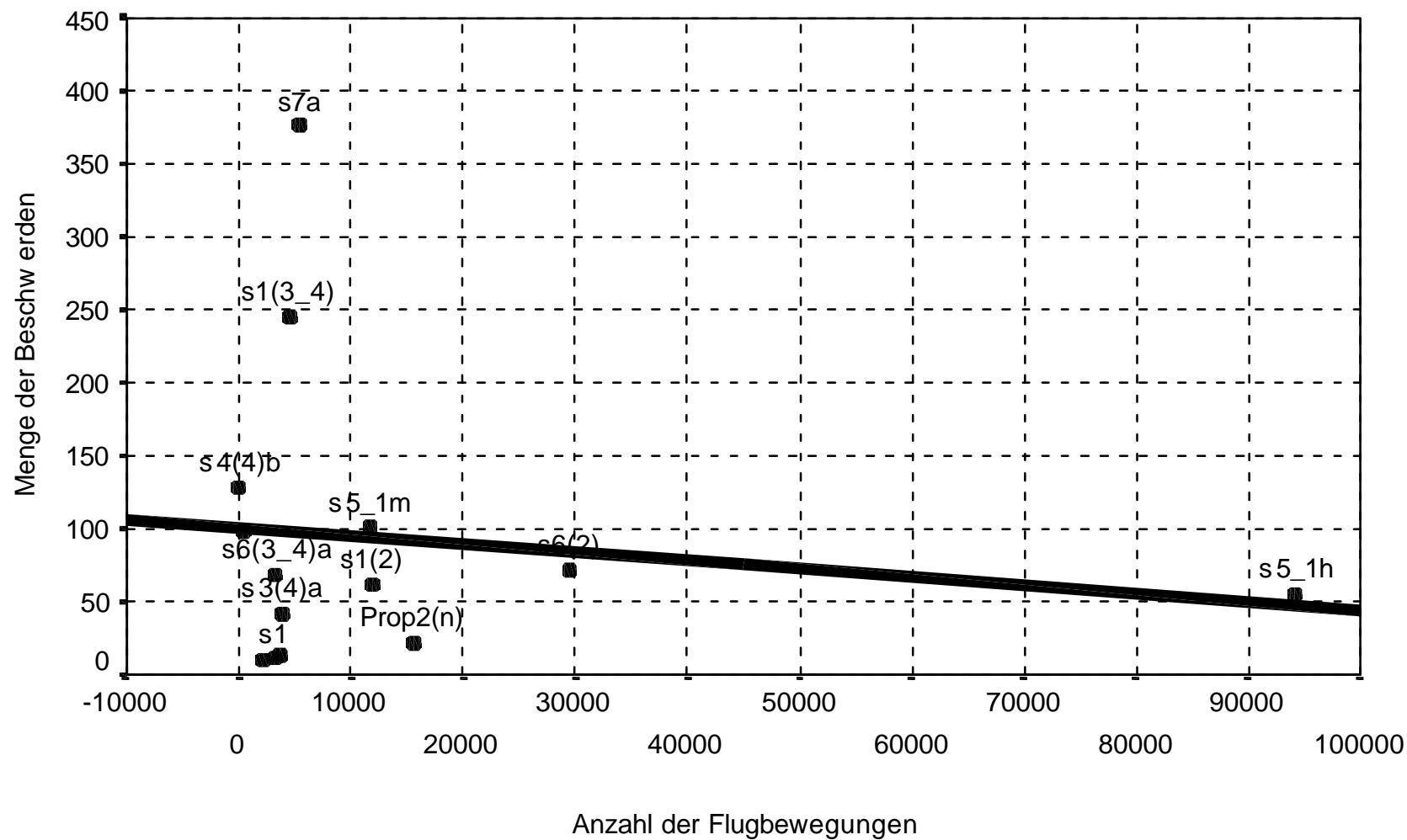
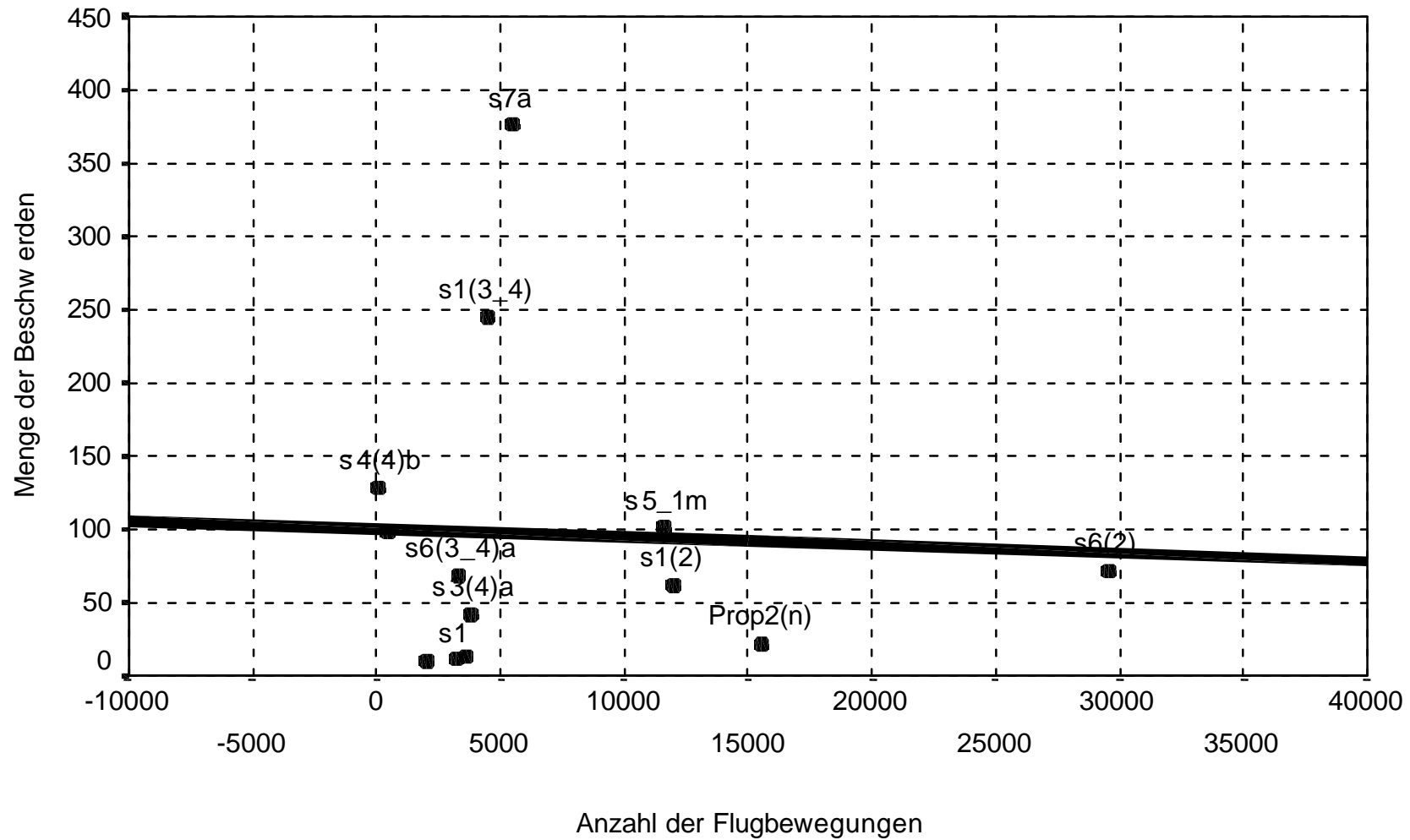


Abb. 15a: Beschwerdehäufigkeit 95 vs. Bew egungsmenge nach DES 95



R-Qu. = 0,0182

Abb. 15b: Beschwerdehäufigkeit 95 vs. Bew egungsmenge nach DES 95



R-Qu. = 0,0182

Abb. 16: Vergleich von Beschwerde- und Bewegungshäufigkeit, nachts 1995

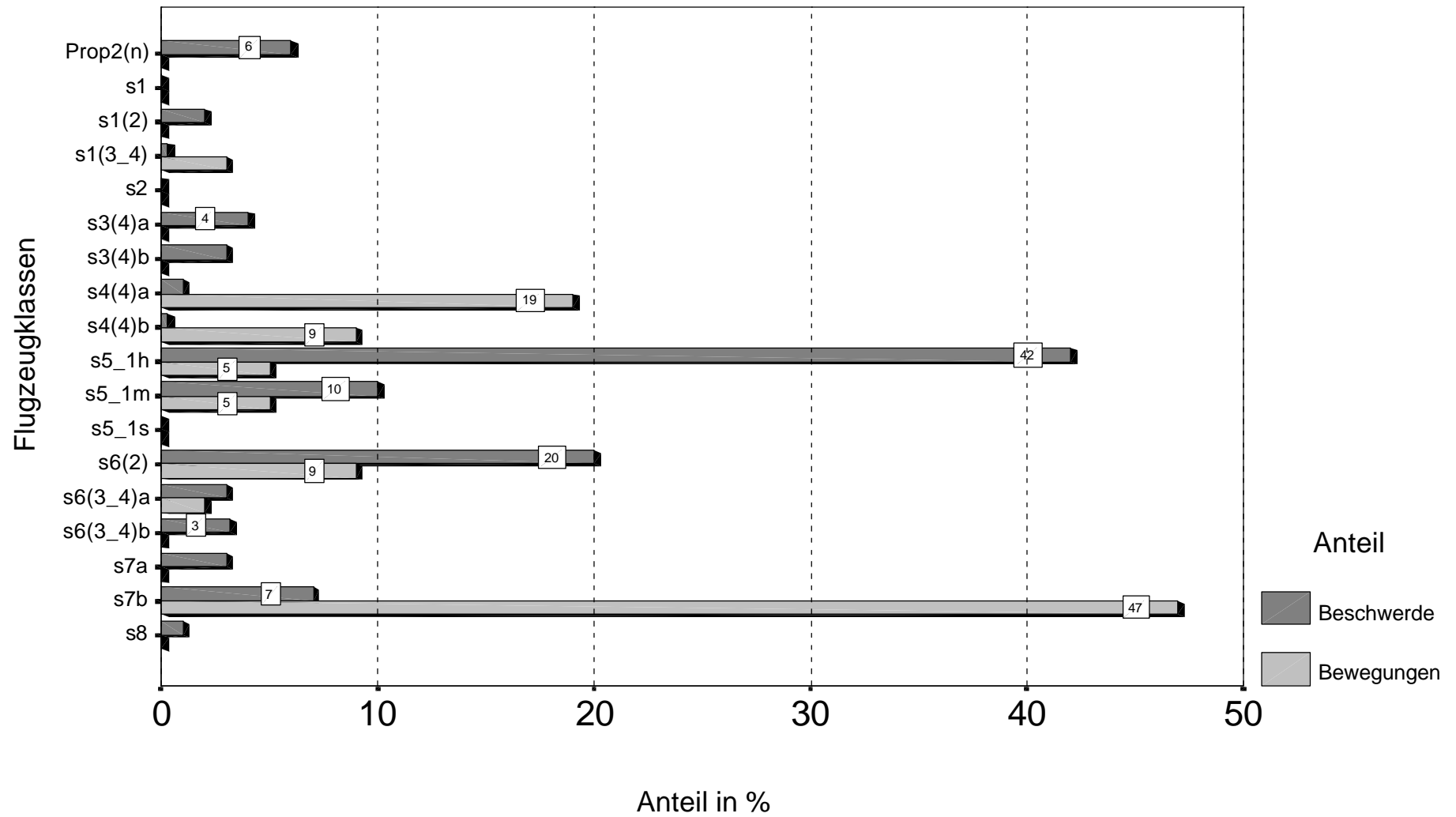


Abb.17 Flugzeugbewegungen im Vergleich 1995/1998 Tag (Halbjahreswerte)

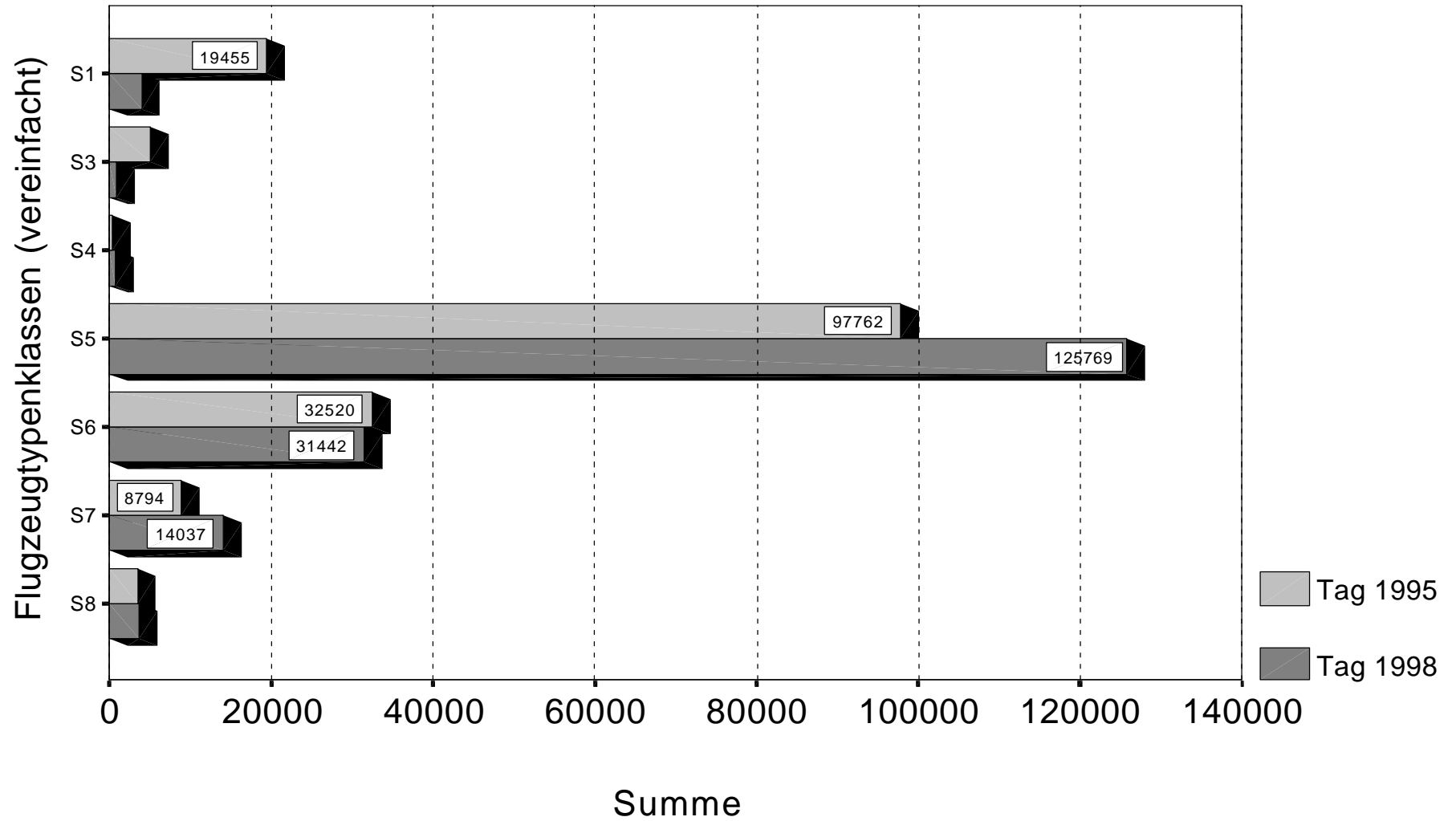


Abb.18 Flugzeugbewegungen im Vergleich 1995/1998 Nachts (Halbjahreswerte)

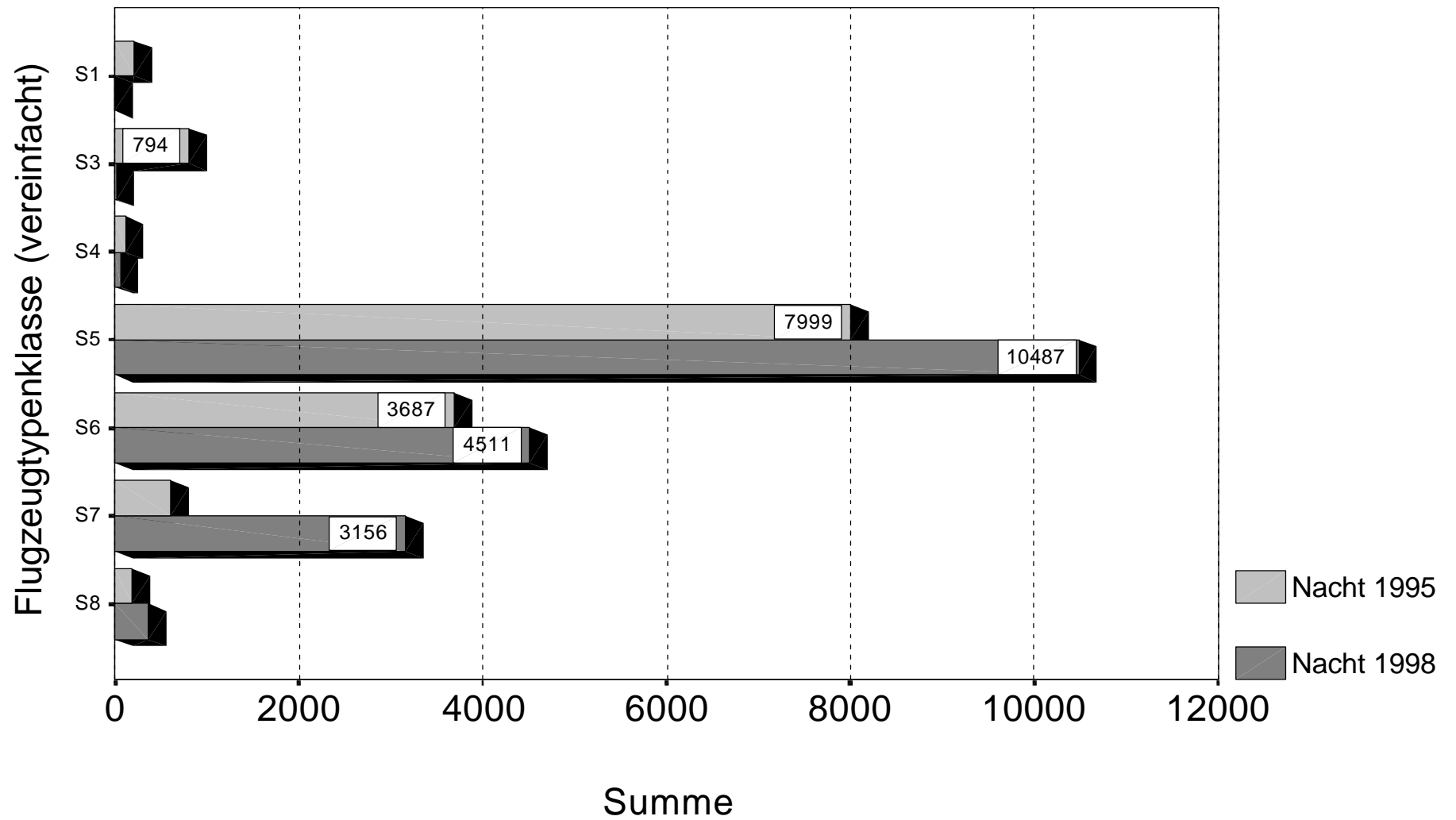


Abb. 19 Veränderung der Flottenzusammensetzung Flughafen Frankfurt 1998 gegen 1995 Tags (Halbjahreswerte für Typengruppen)

Typengruppe

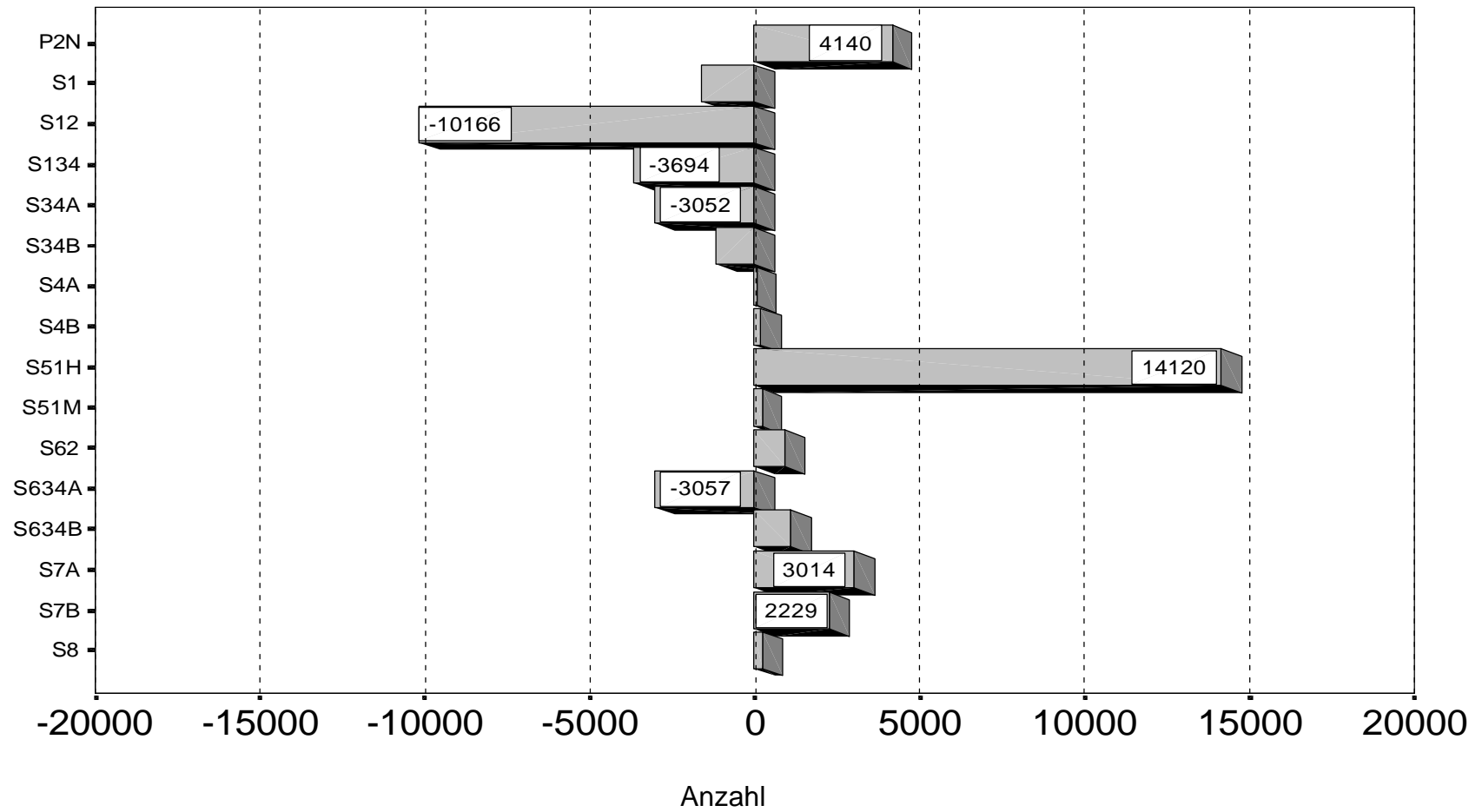


Abb. 20 Veränderung der Flottenzusammensetzung Flughafen Frankfurt 1998 gegen 1995 Nachts Halbjahreswerte für Typengruppen

Typengruppe

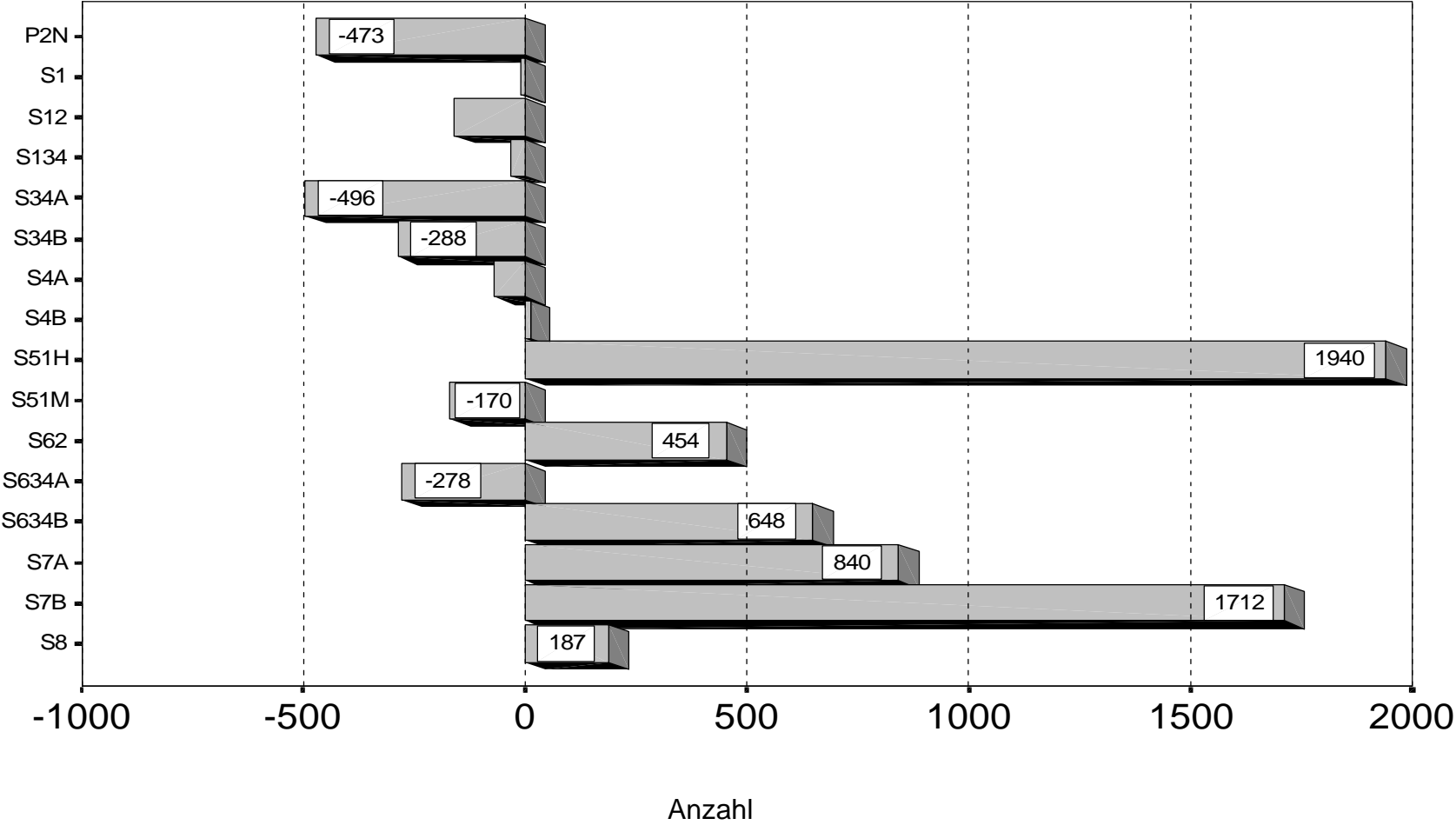


Abb. 21: Relativer Anteil der Flugzeuggruppen an Beschwerden beim Start/Landebetrieb Gesamt

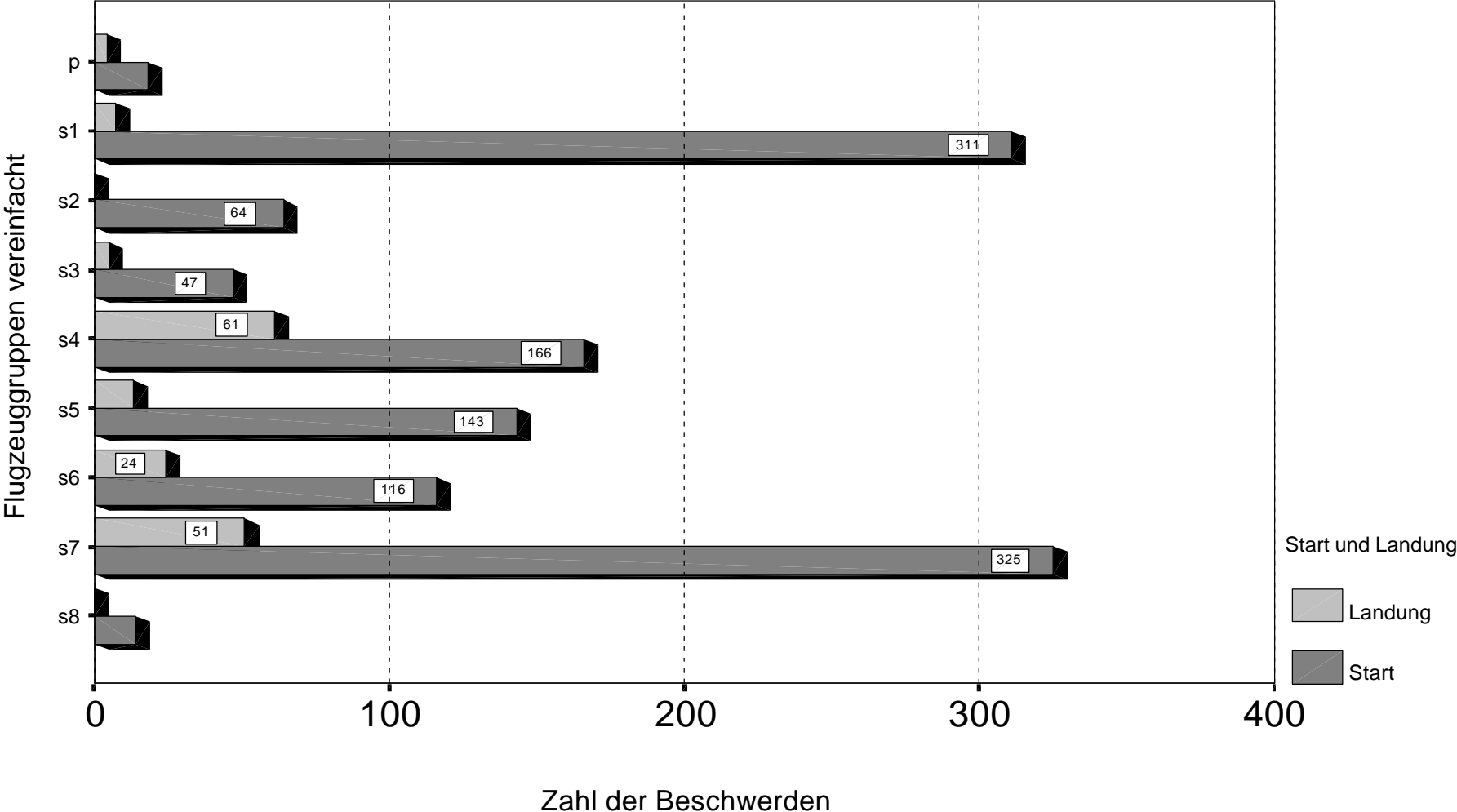


Abb. 22: Beschwerdeverteilung über Flugzeugklassen Start/Landen

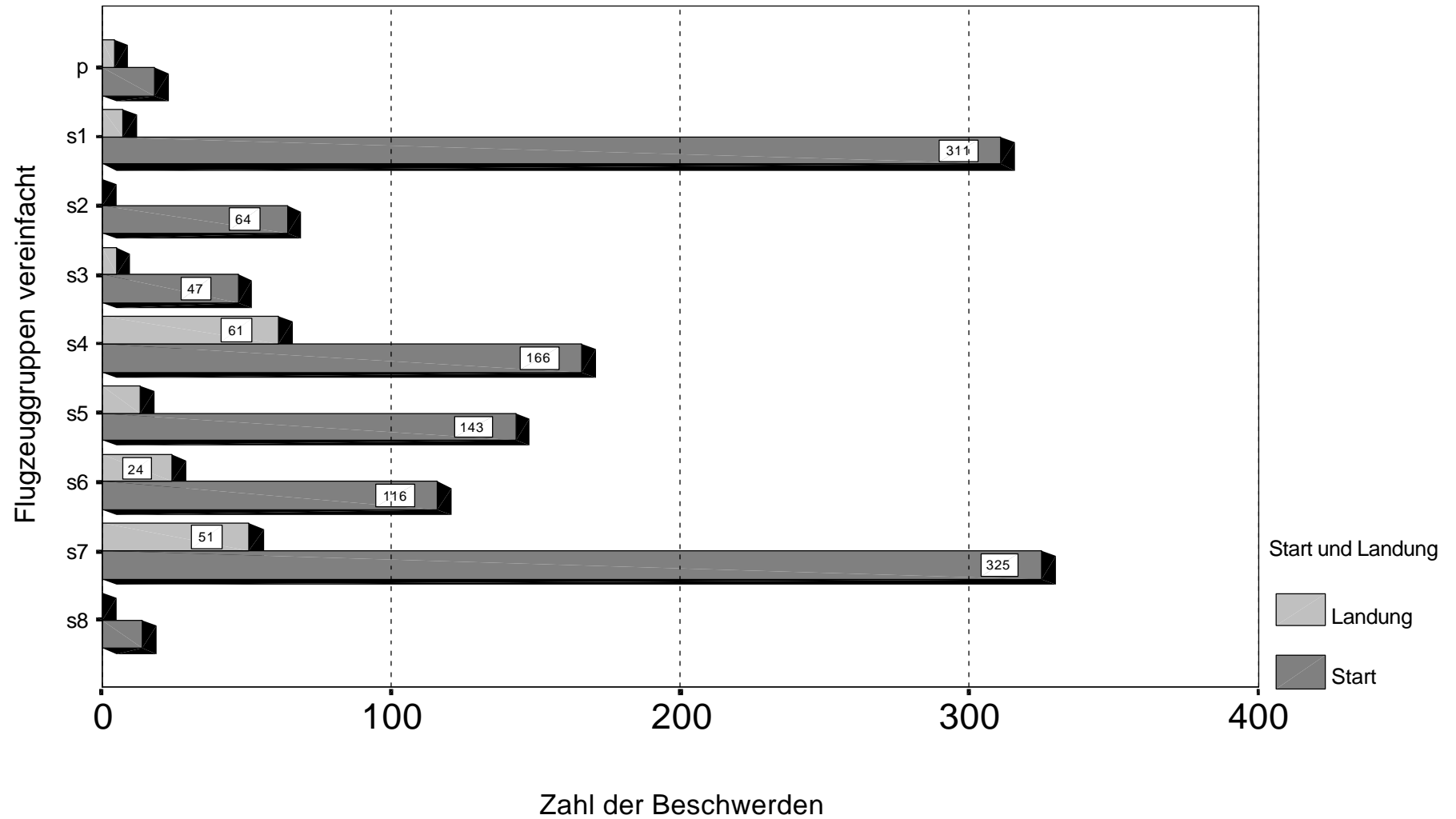


Abb. 23: Anzahl von Kursablagen bei Beschwerdefällen in Ortslagen

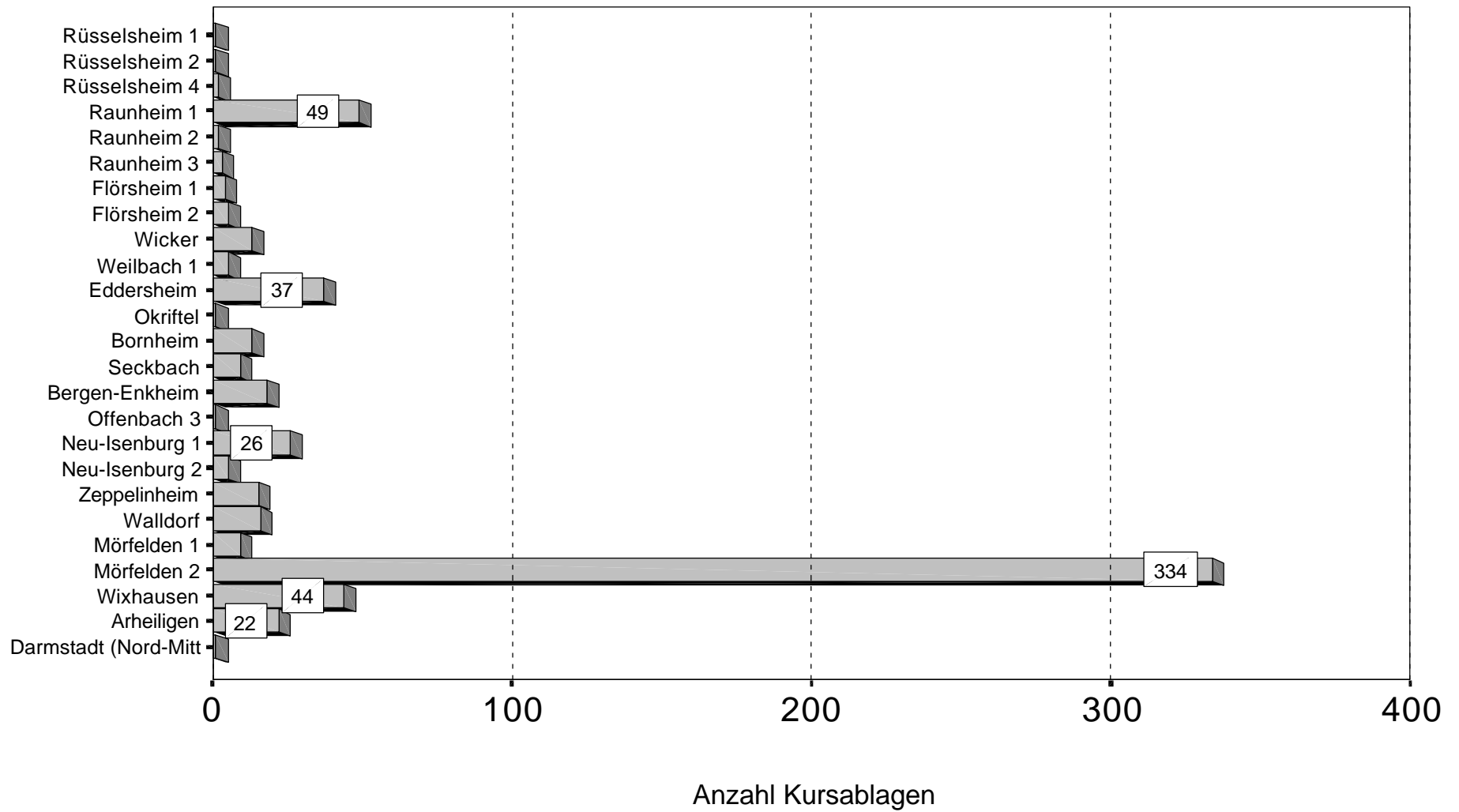


Abb. 24: Anzahl von Beschwerdefällen ohne vorliegende Kursablage

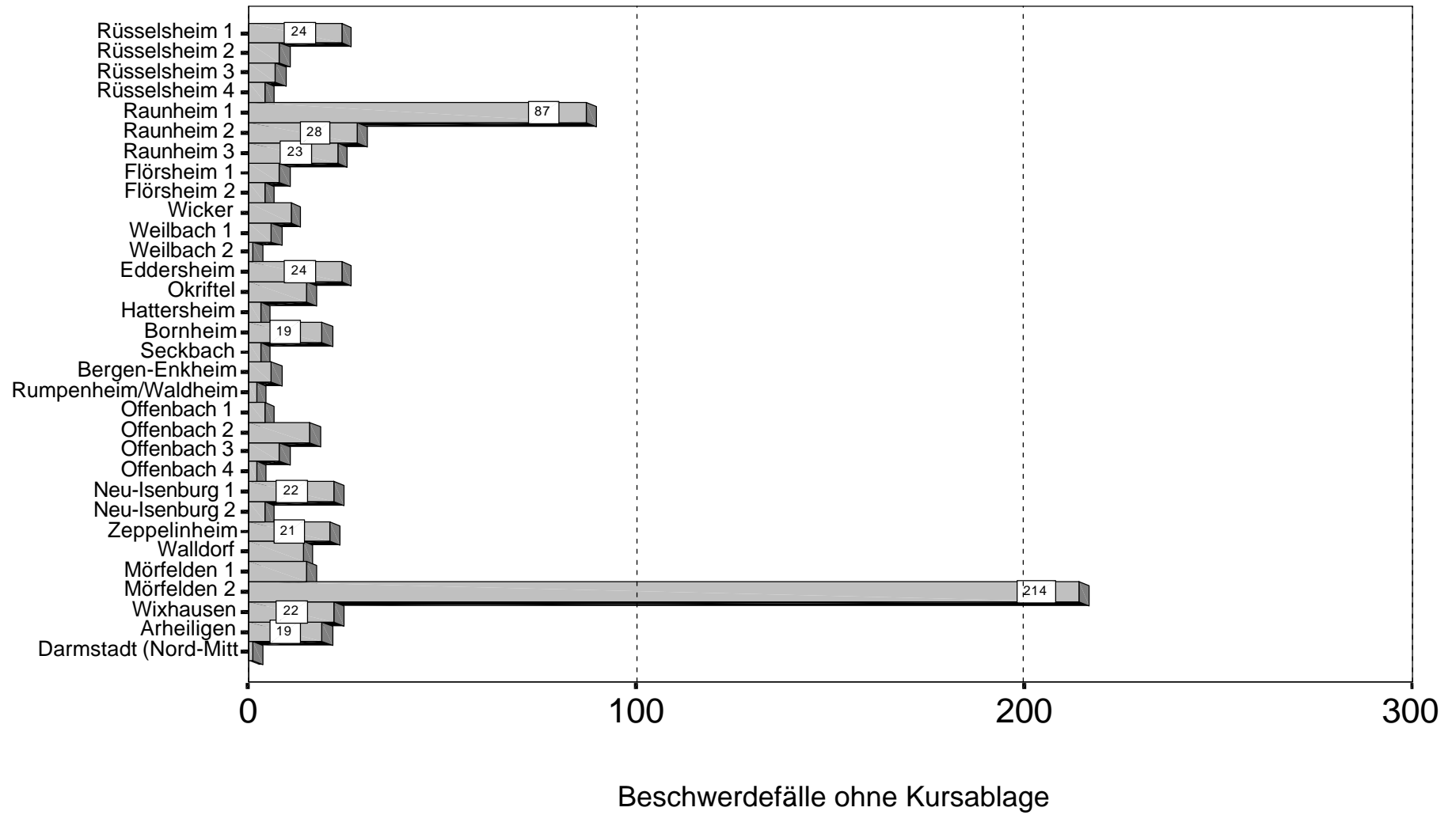


Abb. 25: Lmax Überflug bei Beschwerden mit Kursablage

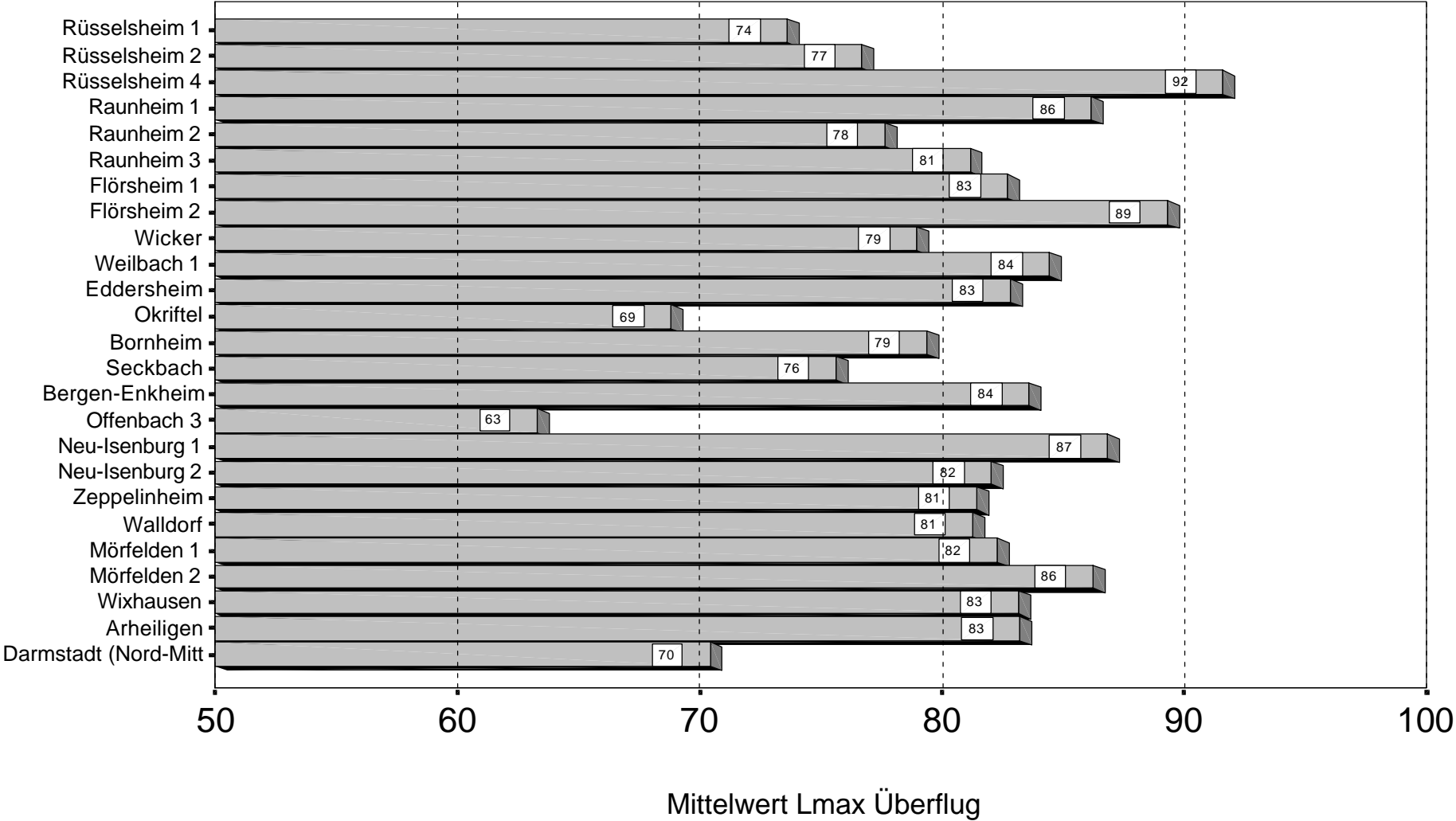


Abb. 26: Lmax Überflug bei Beschwerden ohne Kursablage

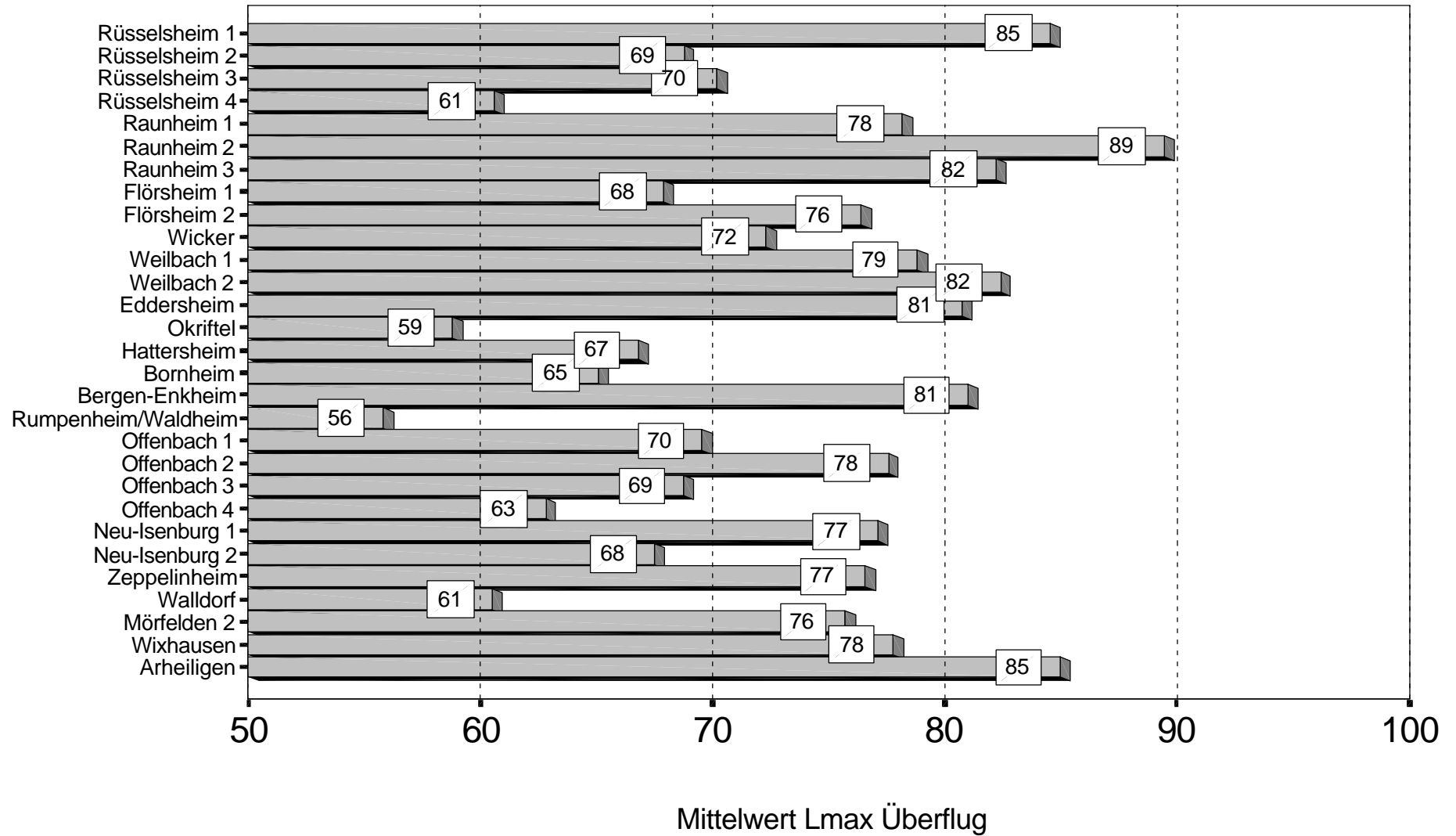


Abb. 27: Zeitverteilung von Beschwerden mit Kursablage

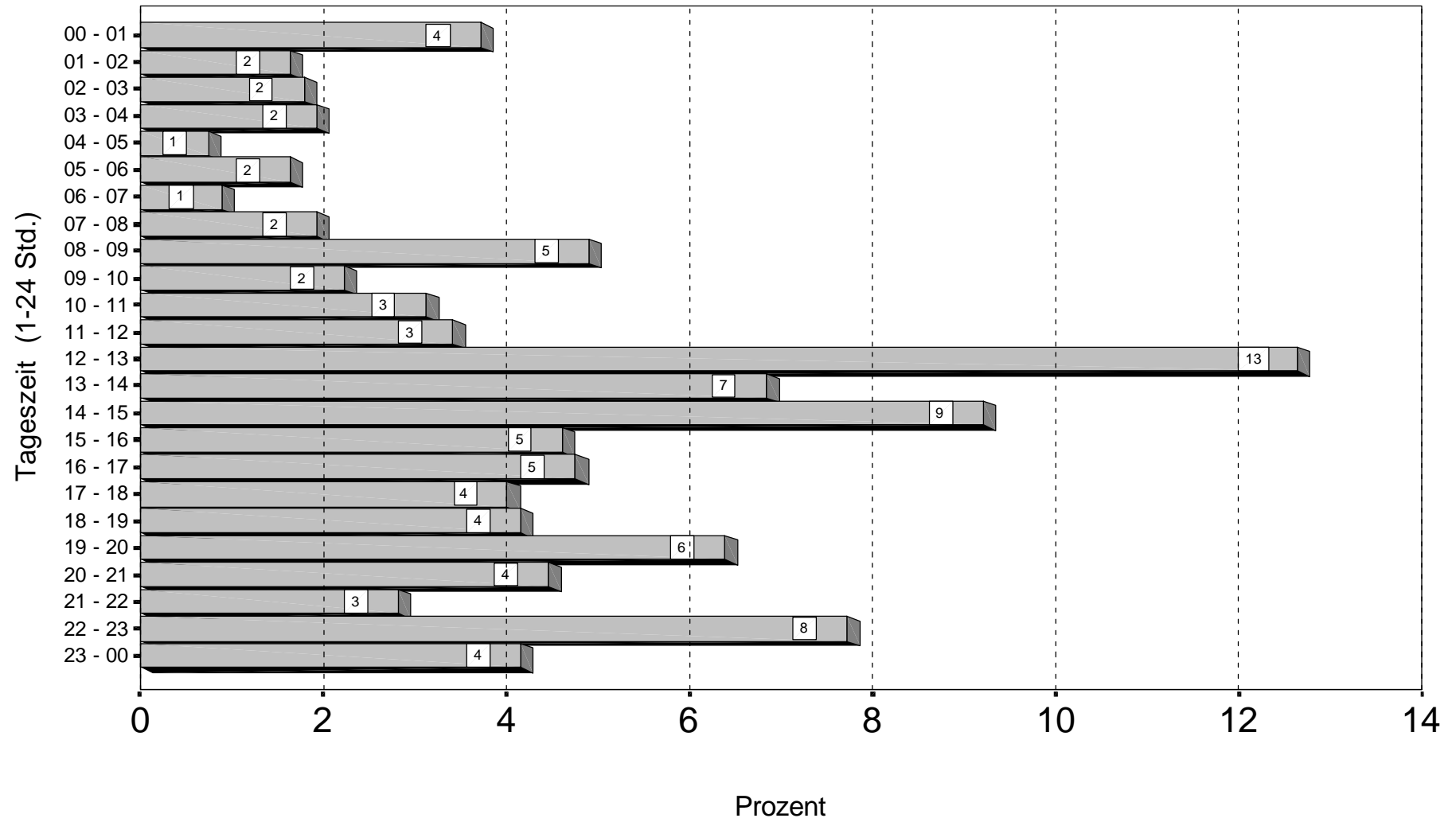


Abb. 28: Zeitverteilung von Beschwerden ohne Kursablage

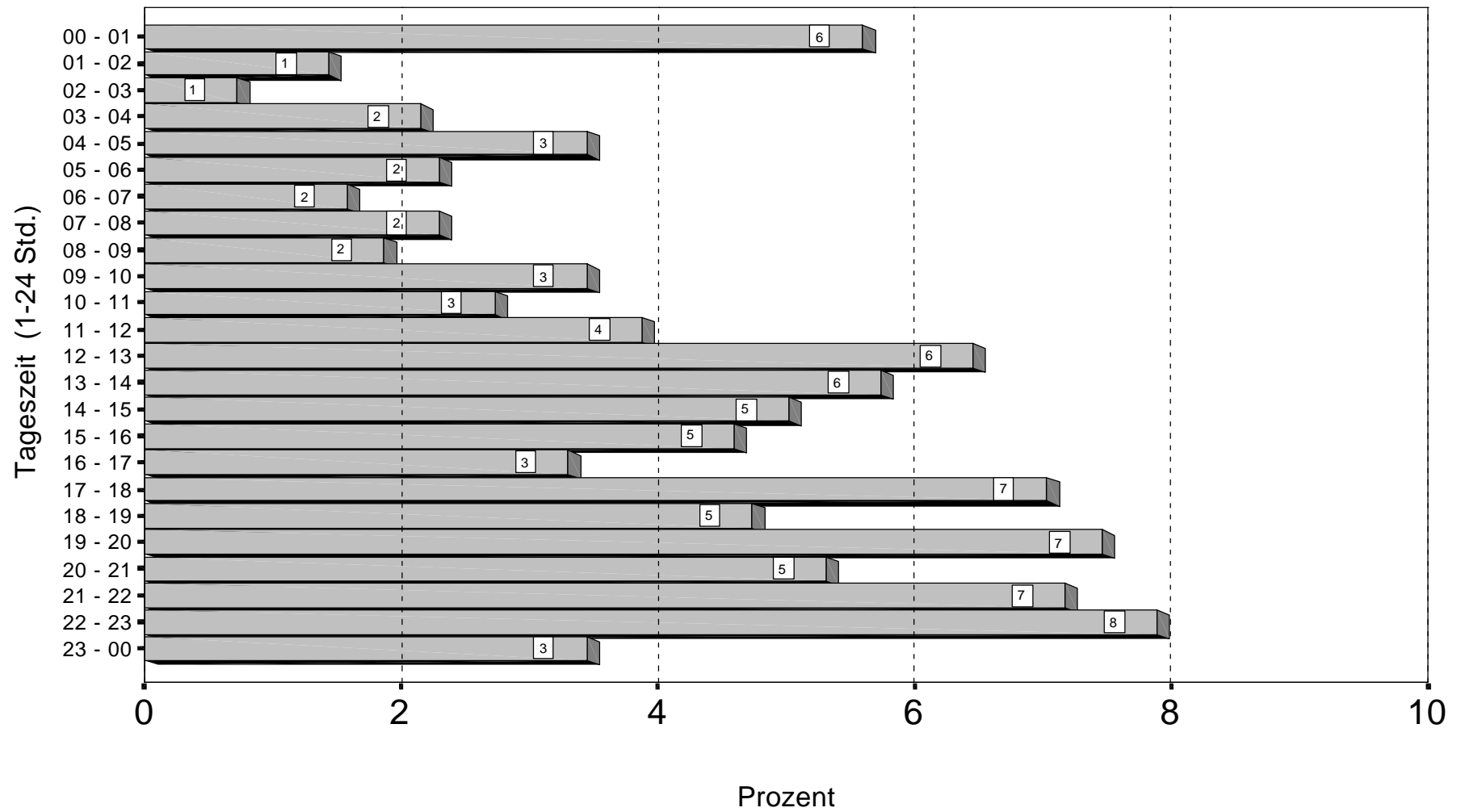


Abb. 28a: L_{max} Überflug bei Beschwerdefällen ohne Ablage
im Tageszeitverlauf

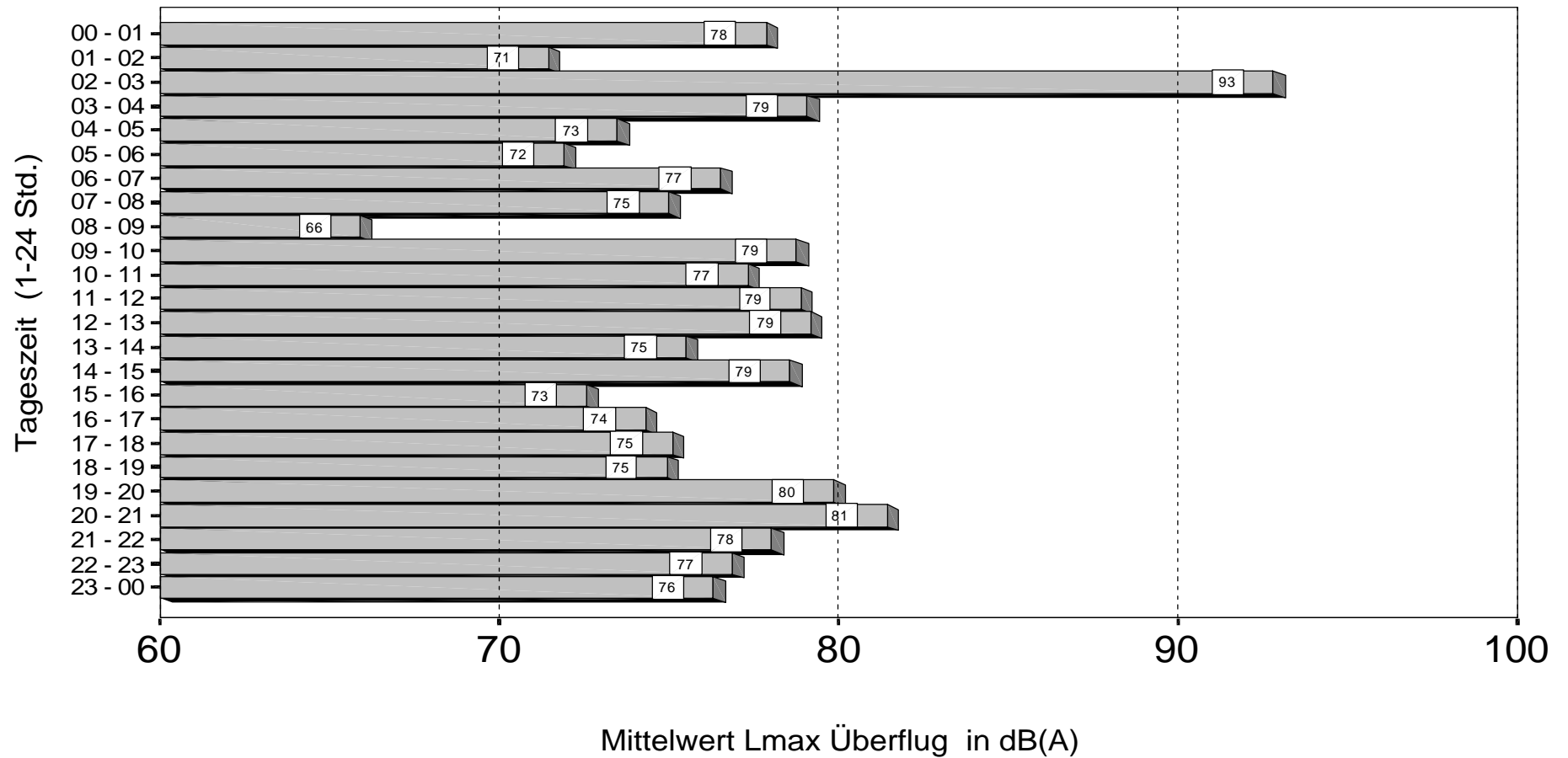


Abb. 29: Lmax Überflug bei Beschwerdefällen mit Ablage
im Tageszeitverlauf

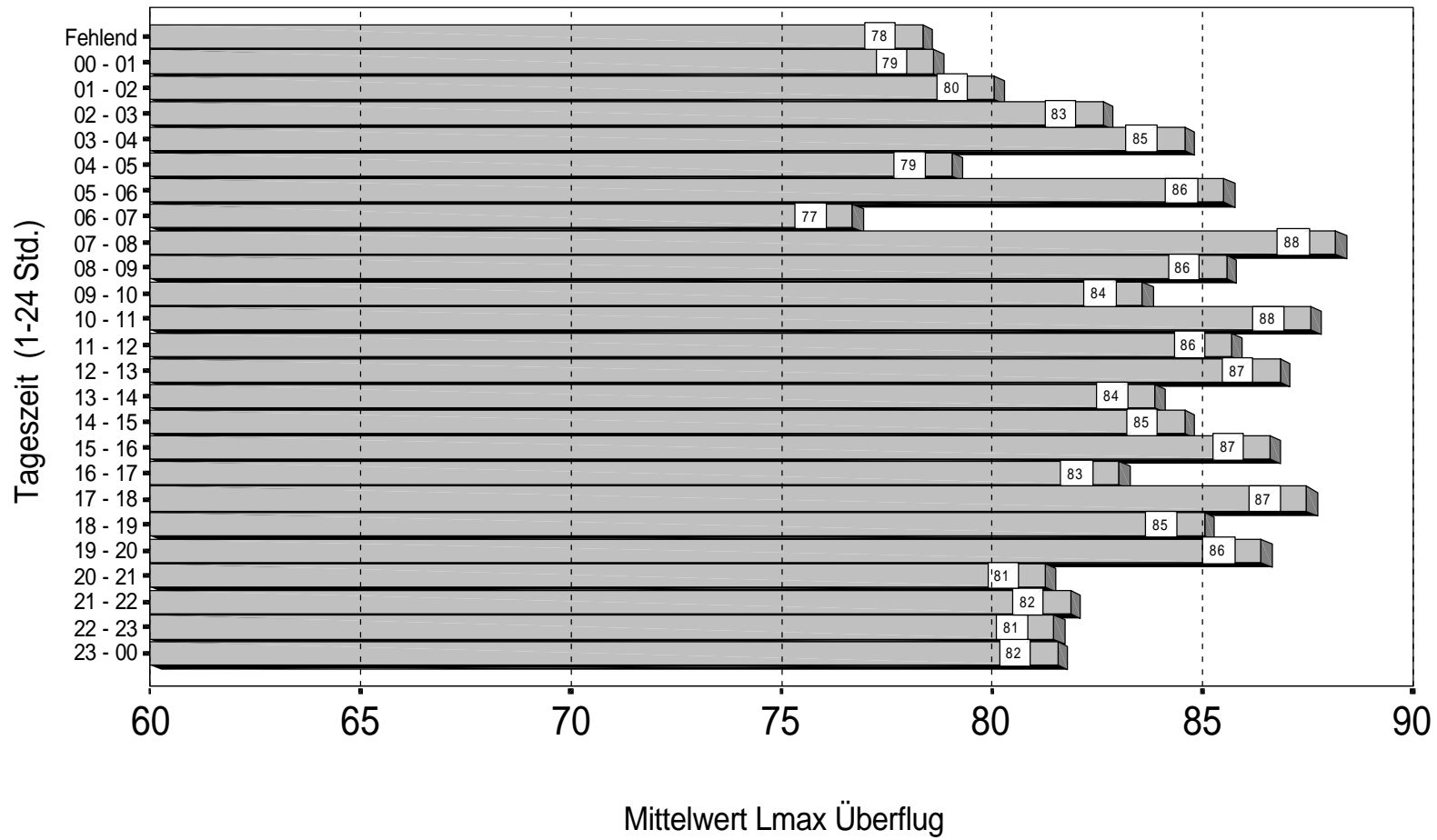


Abb.29a: Beschwerdehäufigkeit in Abhängigkeit zur Entfernung der Anwohnerposition zum Flugpfad für Start- und Landebetrieb

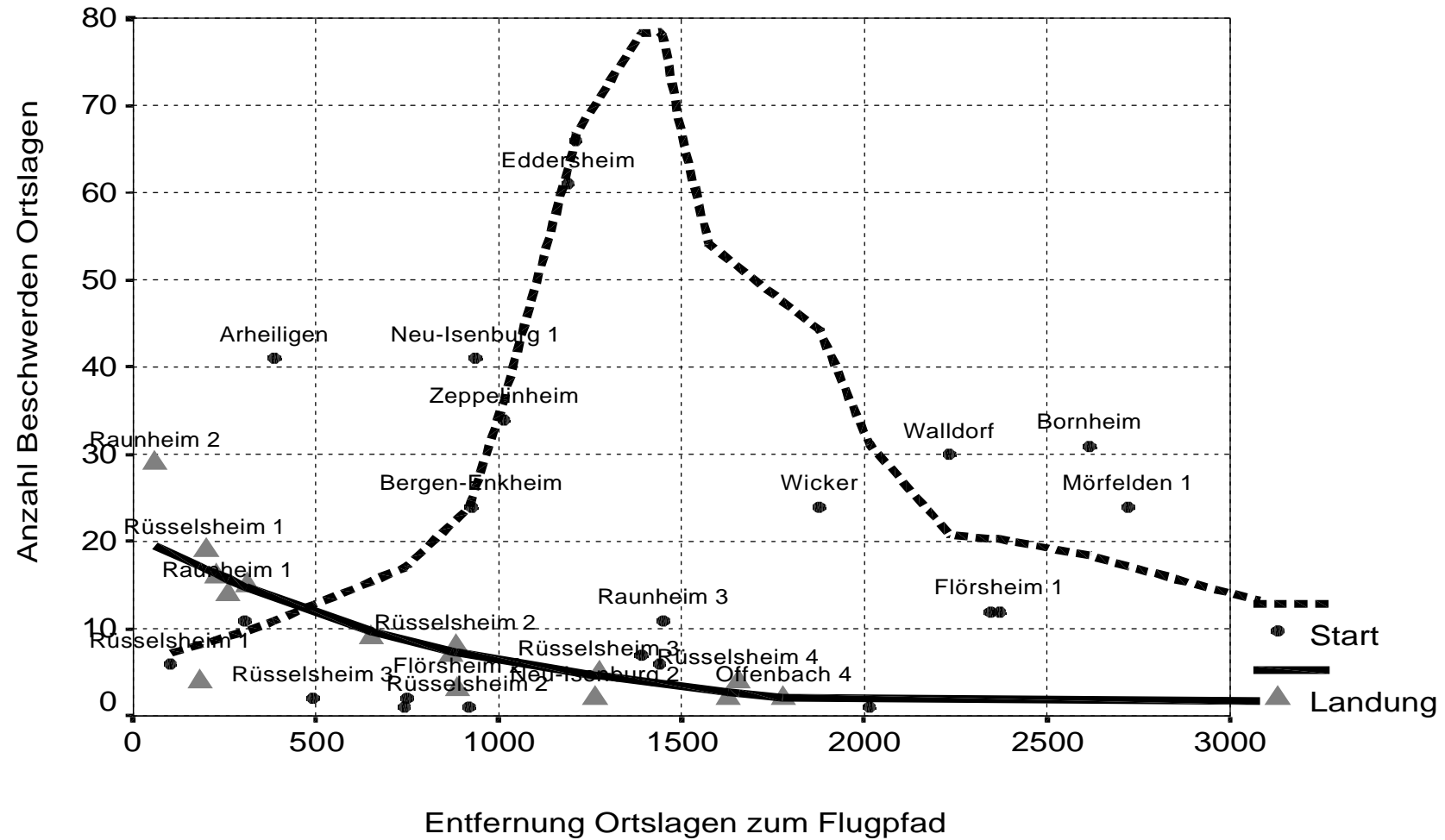


Abb.29b: L_{max}-Überflugpegel in Abhängigkeit zur Entfernung Anwohnerposition zum Flugpfad bei Start- und Landebetrieb

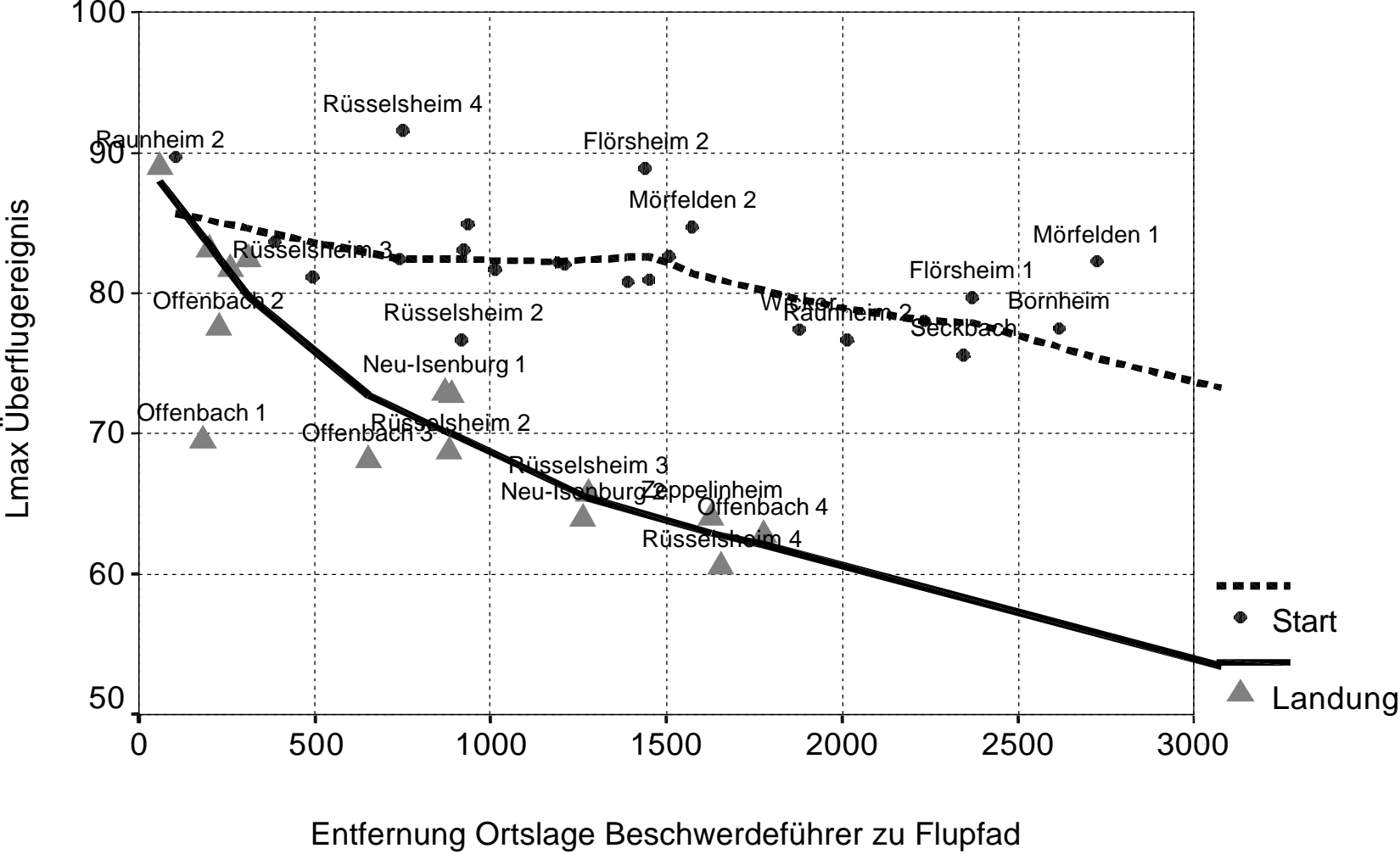


Abb.29c: Kursablage in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb

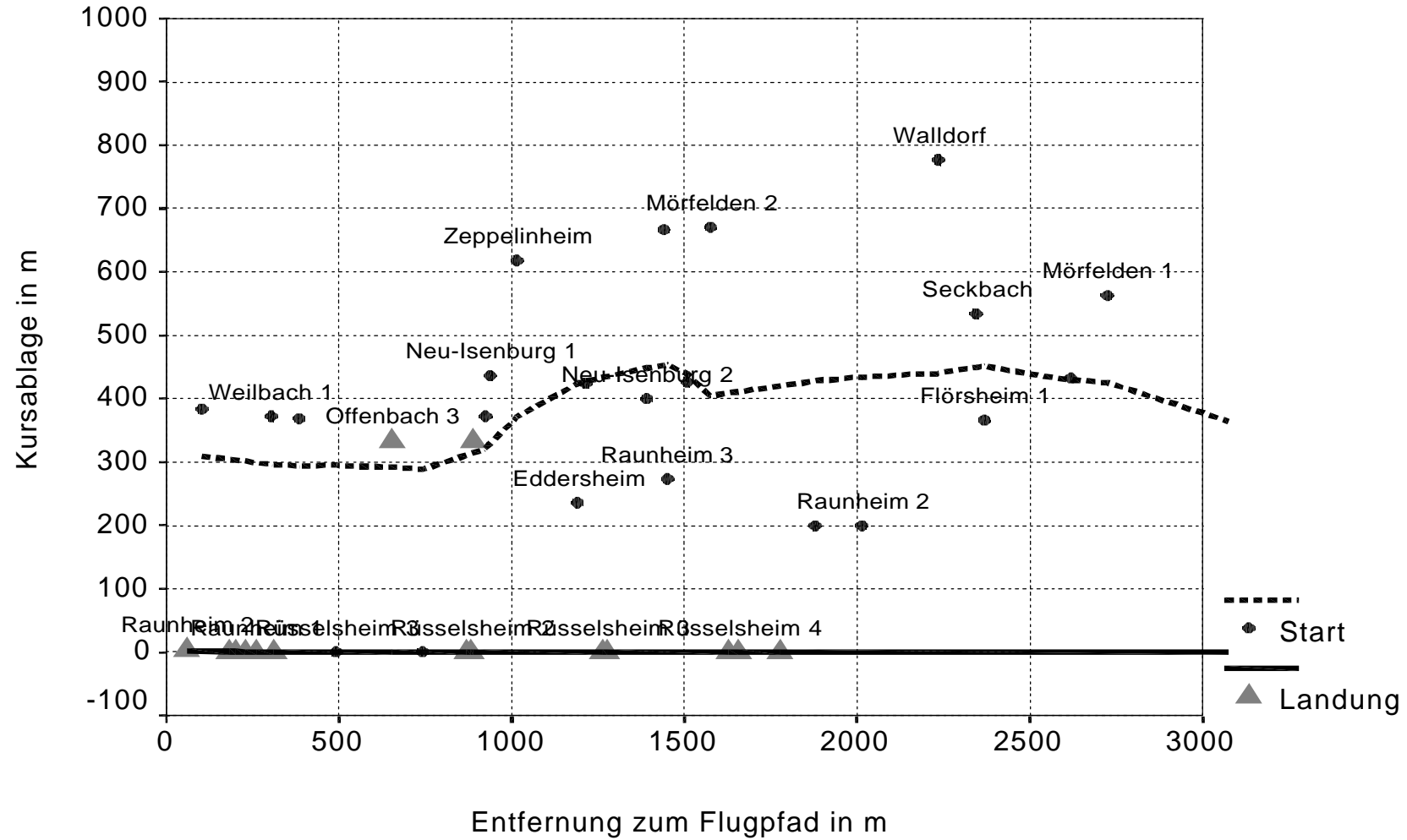


Abb.29d: Überflughöhe in Abhängigkeit von Entfernung zum Flugpfad bei Start/Landebetrieb

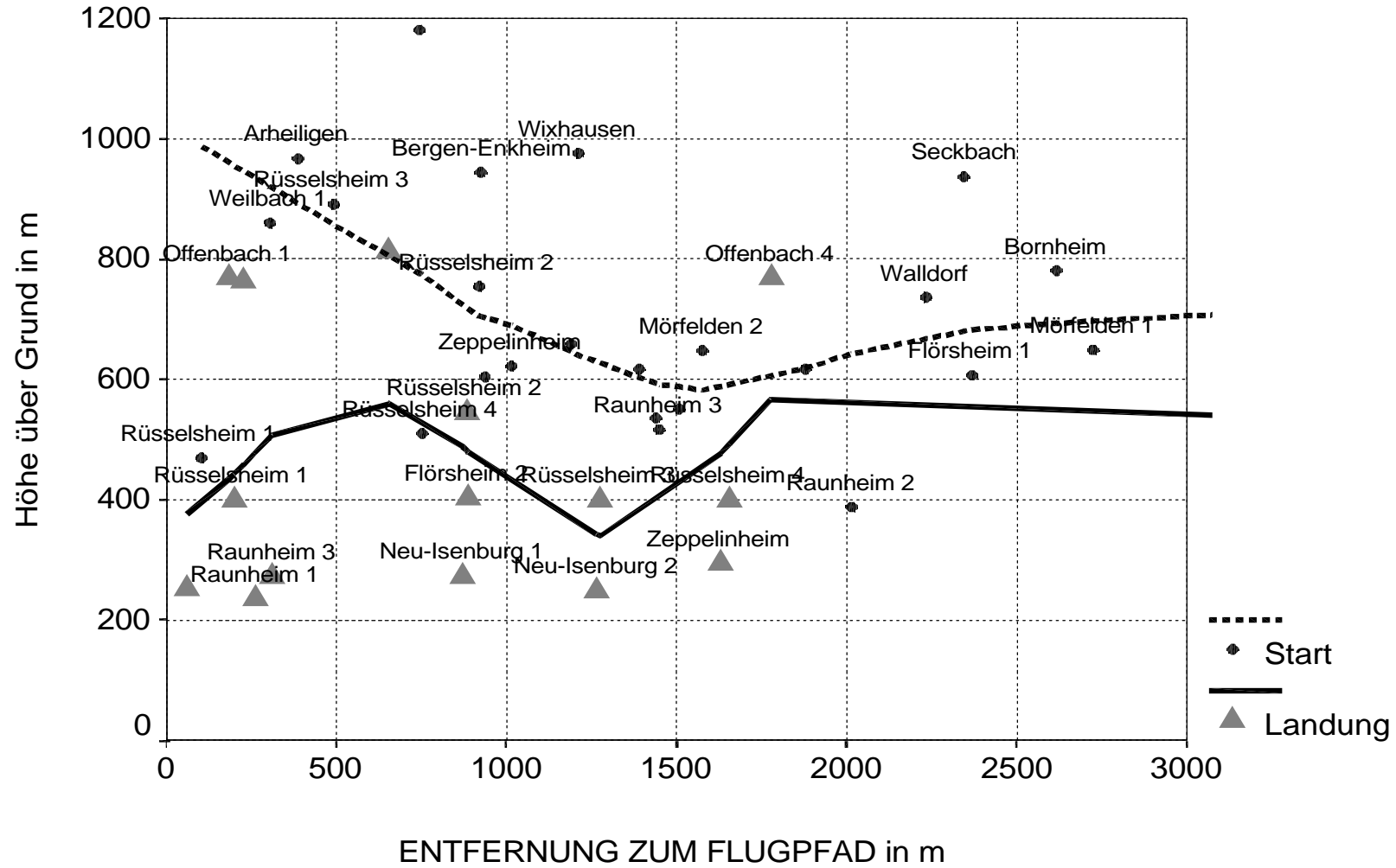


Abb.29e: Beschwerdehäufigkeit in Ortslagen in Abhängigkeit vom L_{\max} Überflugpegel bei Start/Landebetrieb

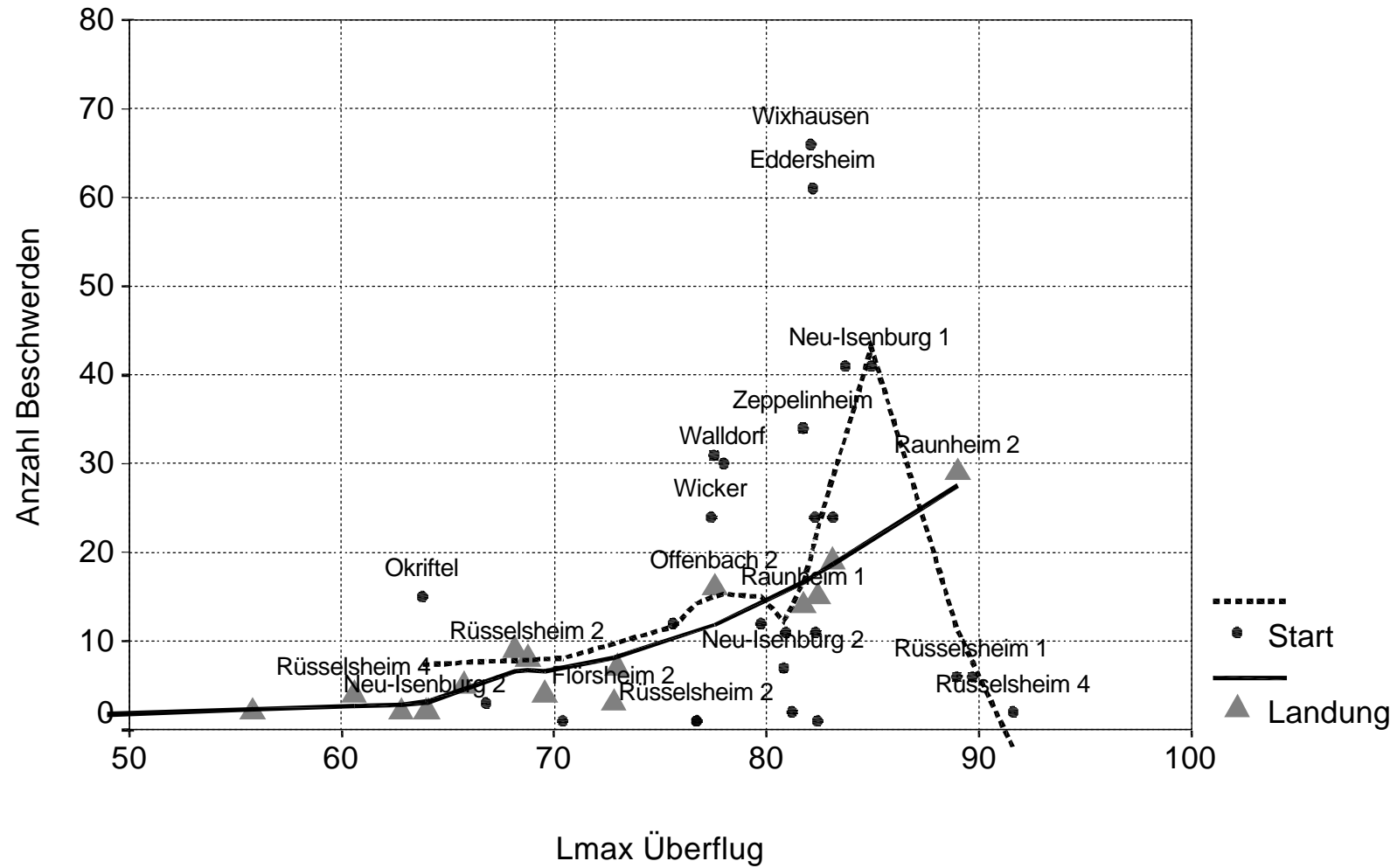


Abb.30a: Relative Beschwerdehäufigkeit im Tageszeitverlauf (24 h - Kategorien)

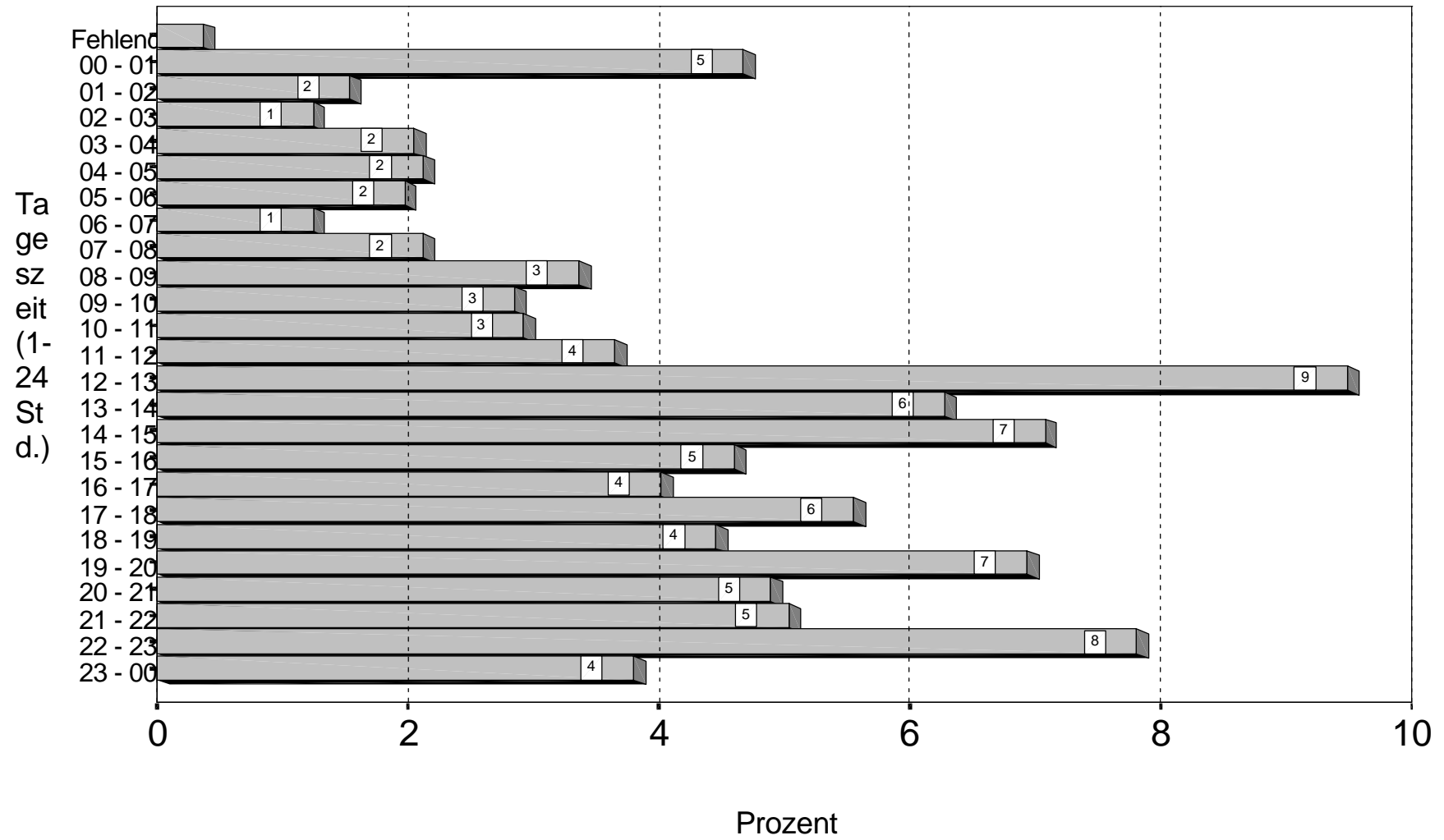


Abb.30b: Relative Beschwerdehäufigkeit im Tageszeitverlauf (6 Abschnitts - Kategorien)

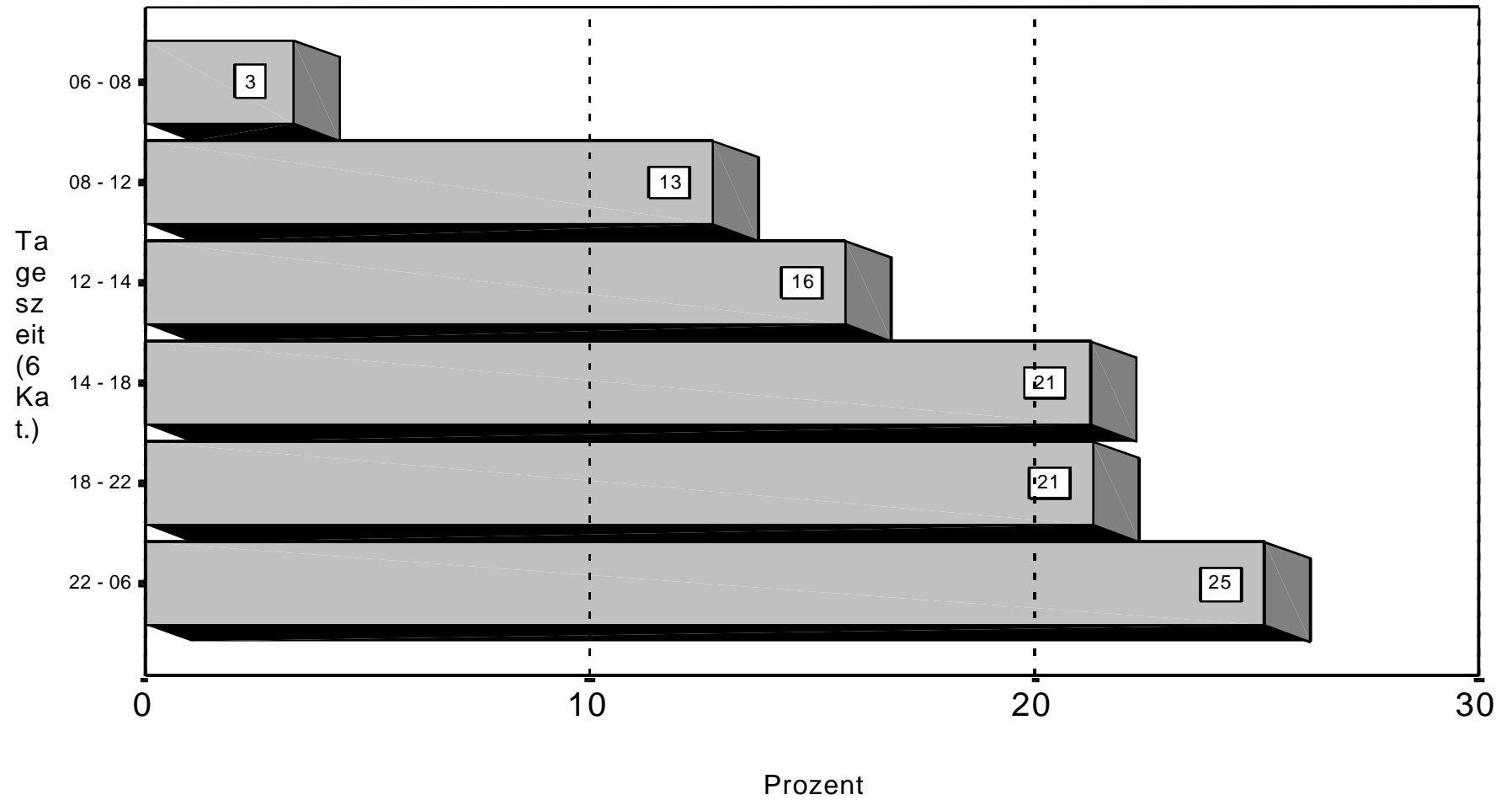


Abb.31a: Relative Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr

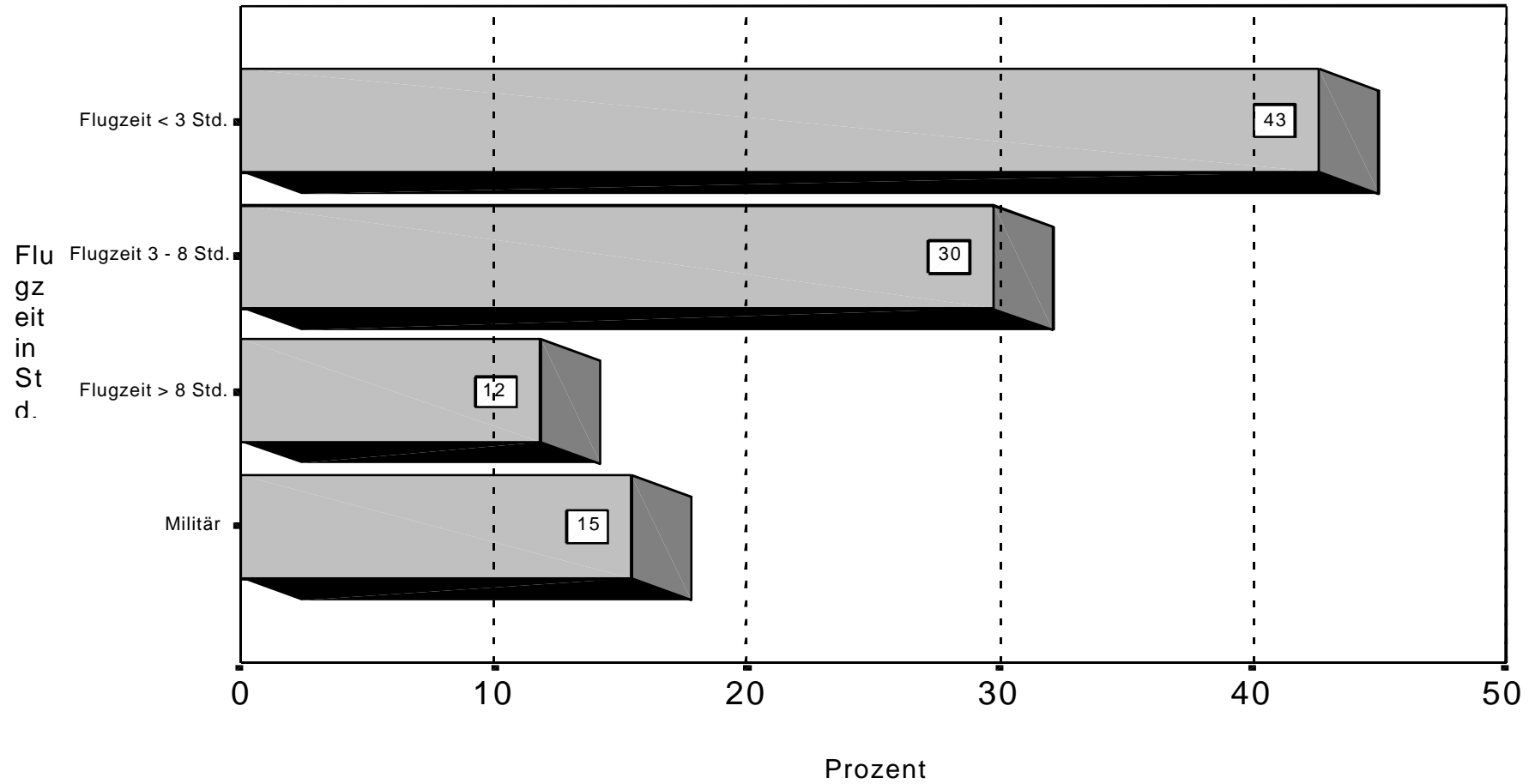


Abb.31b. Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Tag- und Nachtbetrieb

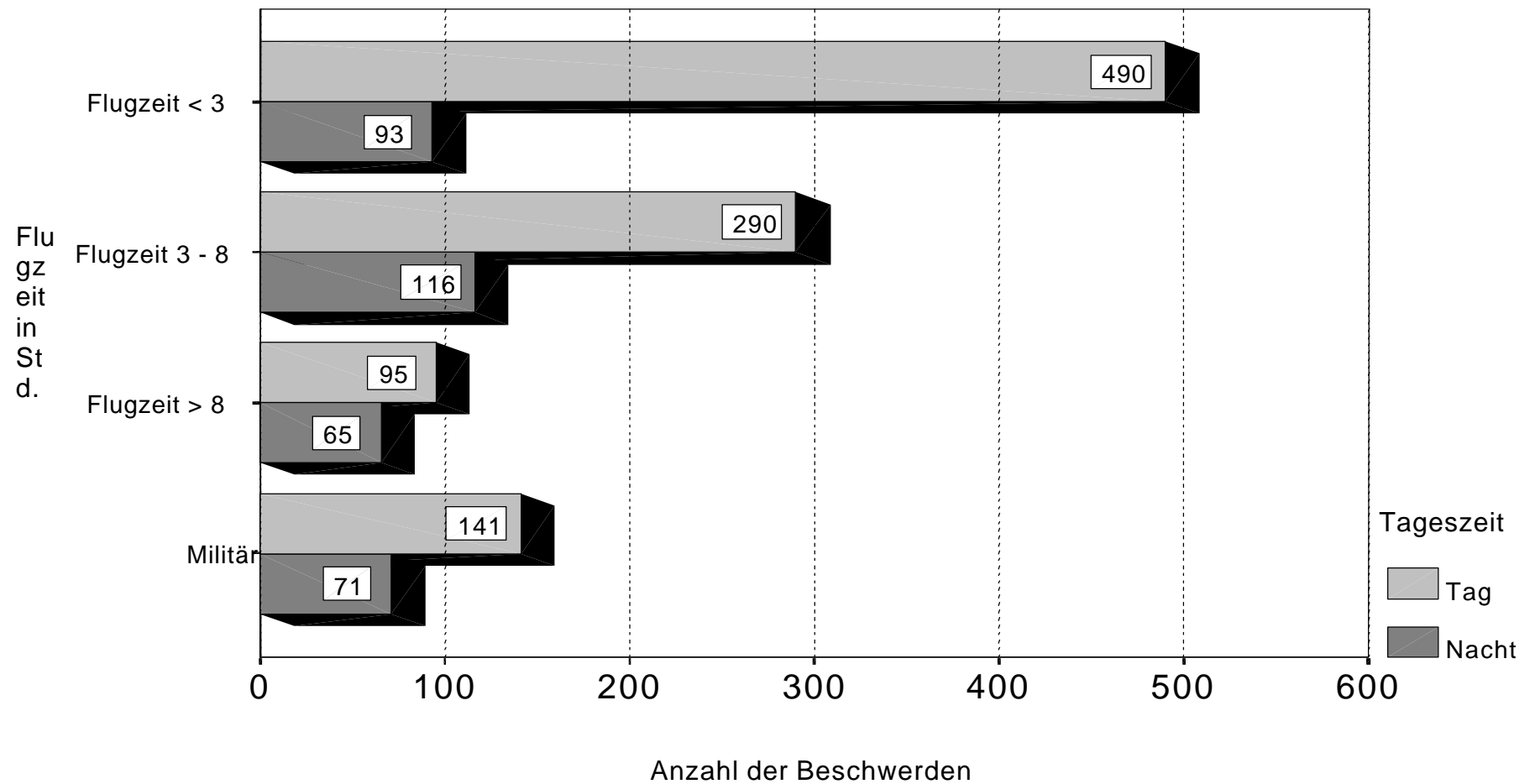


Abb.31c Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Flugzeuggruppen

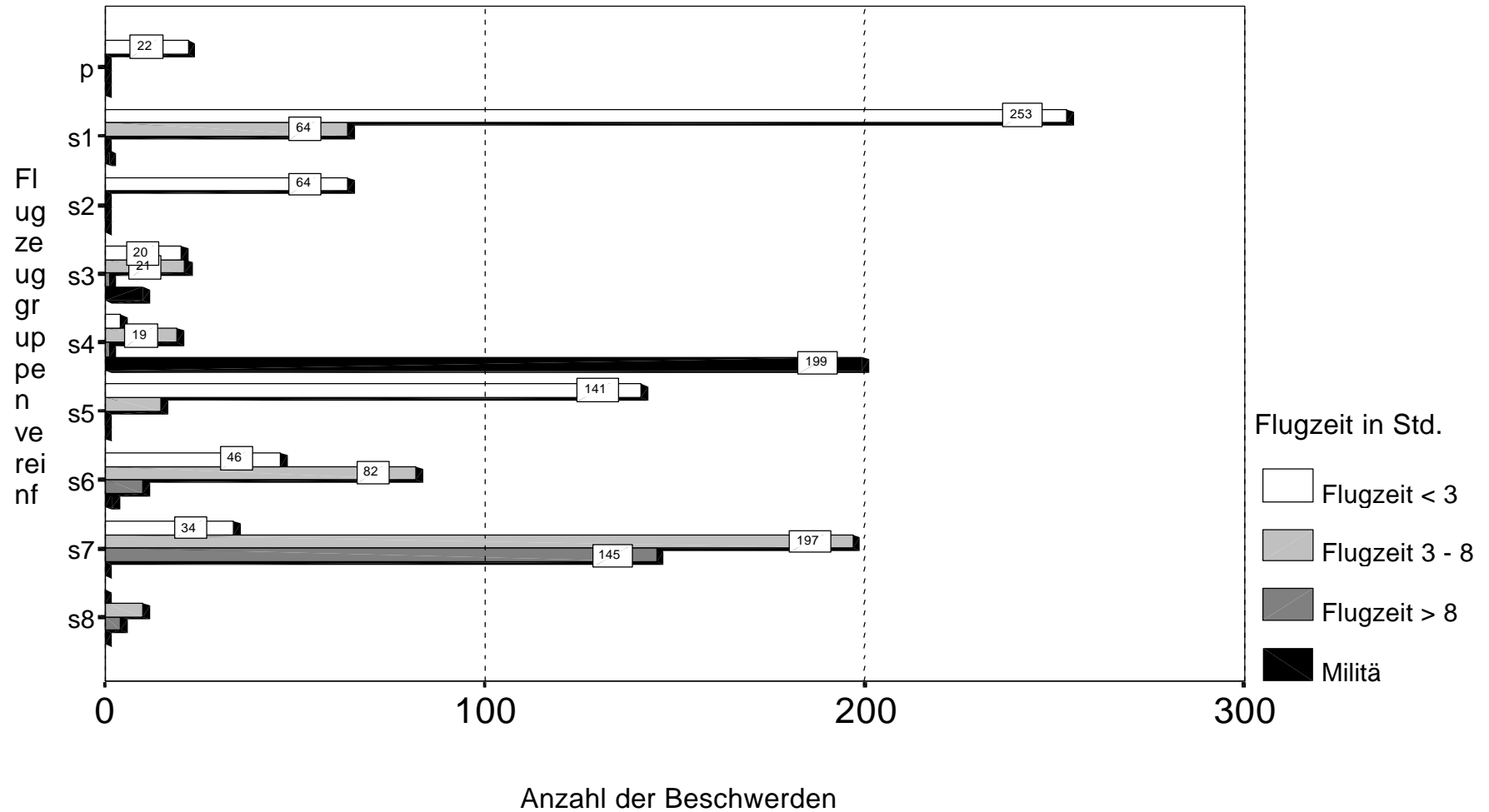


Abb.31d: Absolute Verteilung der Beschwerden nach der Destination der Flugbewegungen: Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West

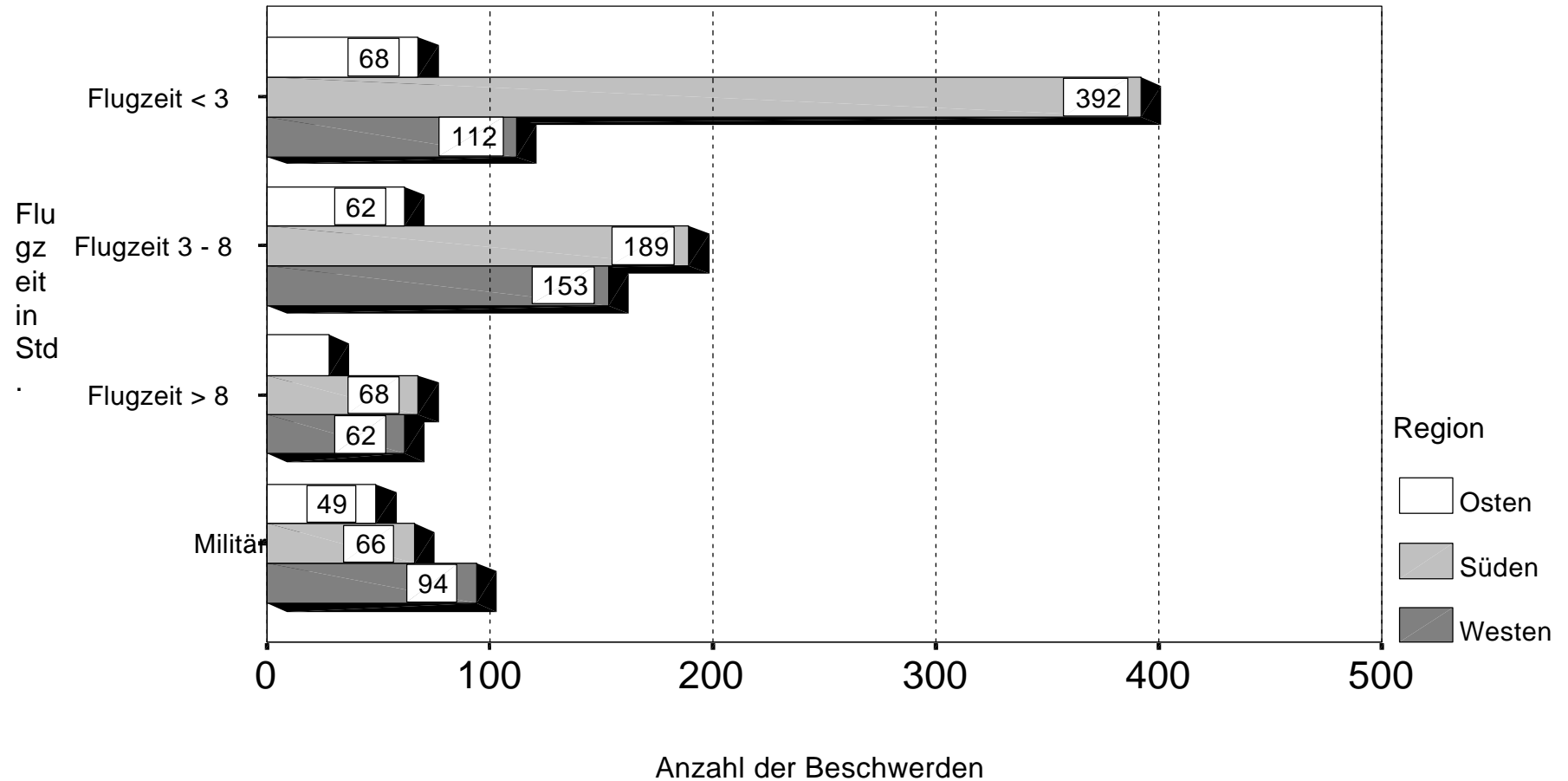


Abb.31e Ausmass der Kursablage der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West

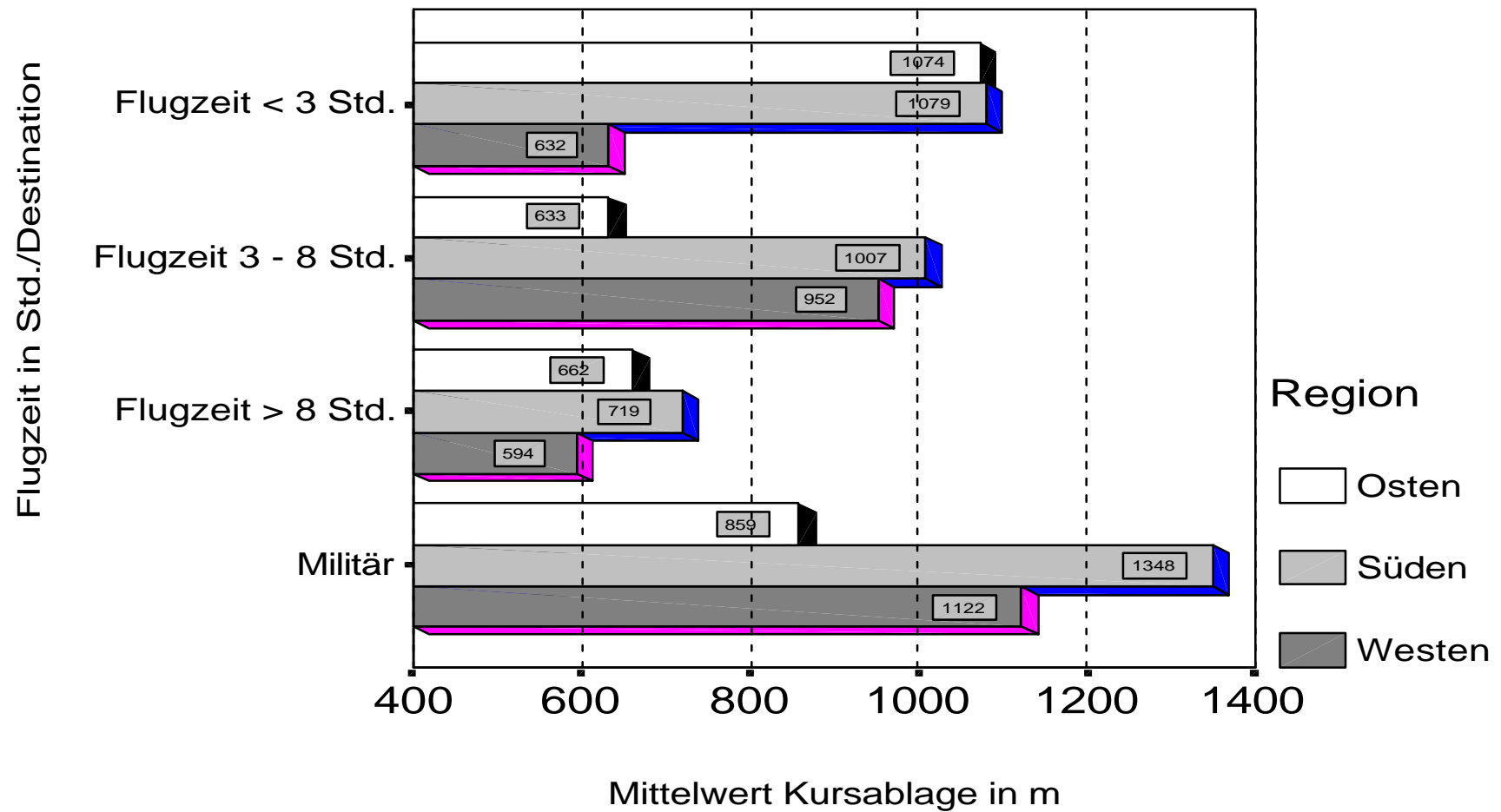


Abb.31f: Überflugpegel Lmax beim Anwohner der beschwerdeauslösenden Flugbewegungen bei Kurz-, Mittel-, Langstrecken- und Militärverkehr für Regionen Ost, Süd und West

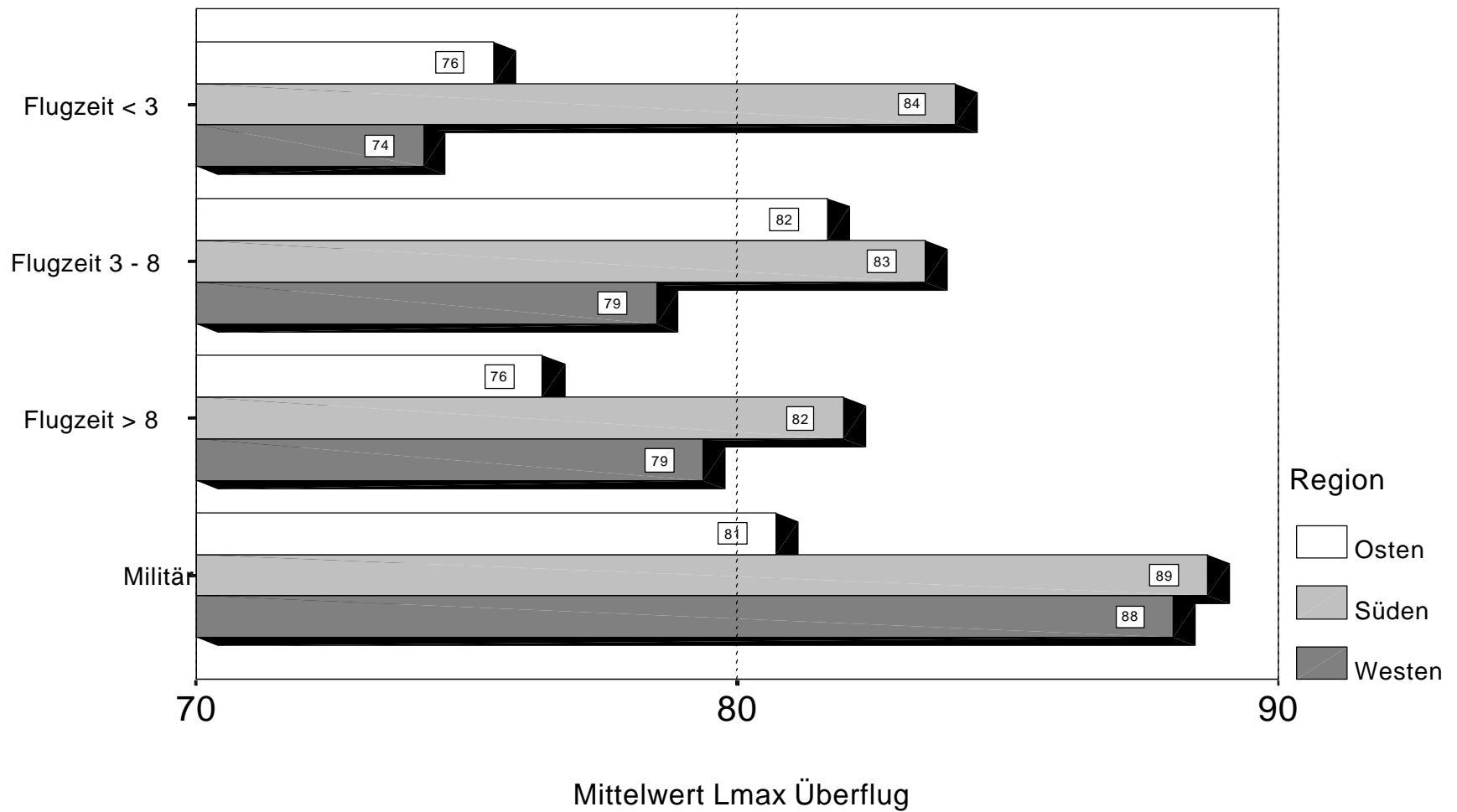


Abb.32: Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Kurz- und Mittelstreckenbetrieb

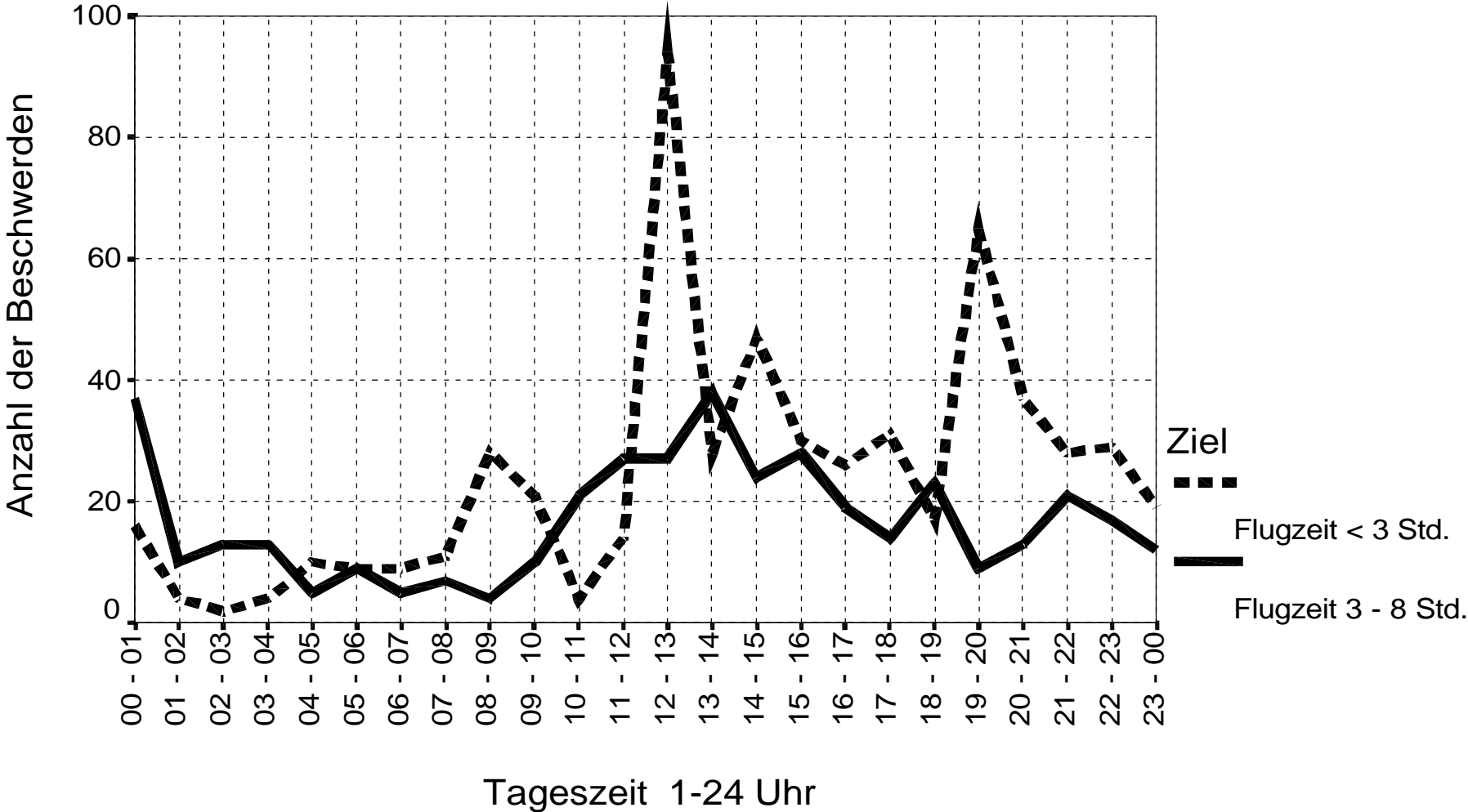


Abb.33: Tageszeitlicher (24h) Verlauf der Beschwerden für Langstrecken- und Militärbetrieb

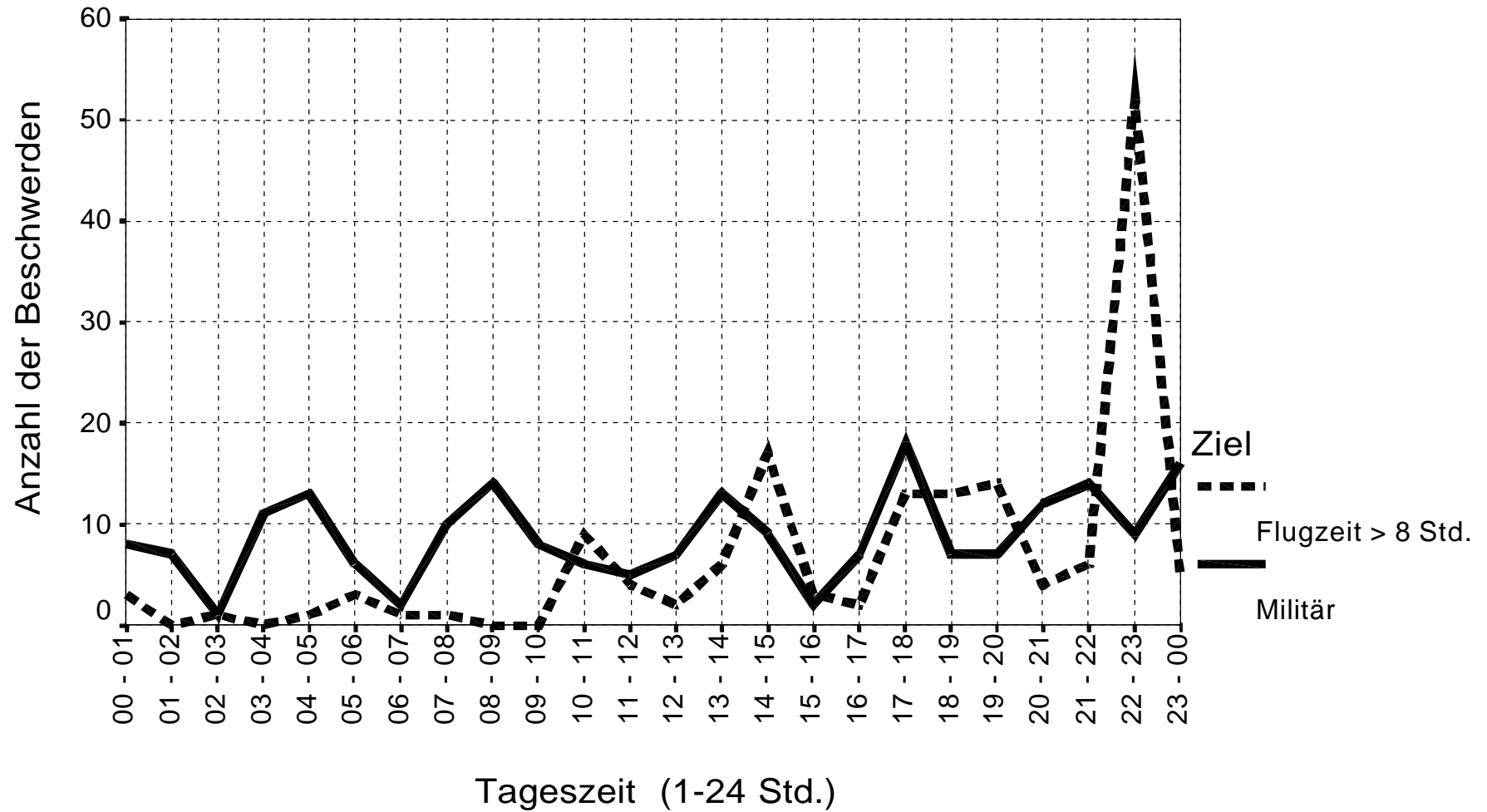


Abb.34: Region Osten: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model

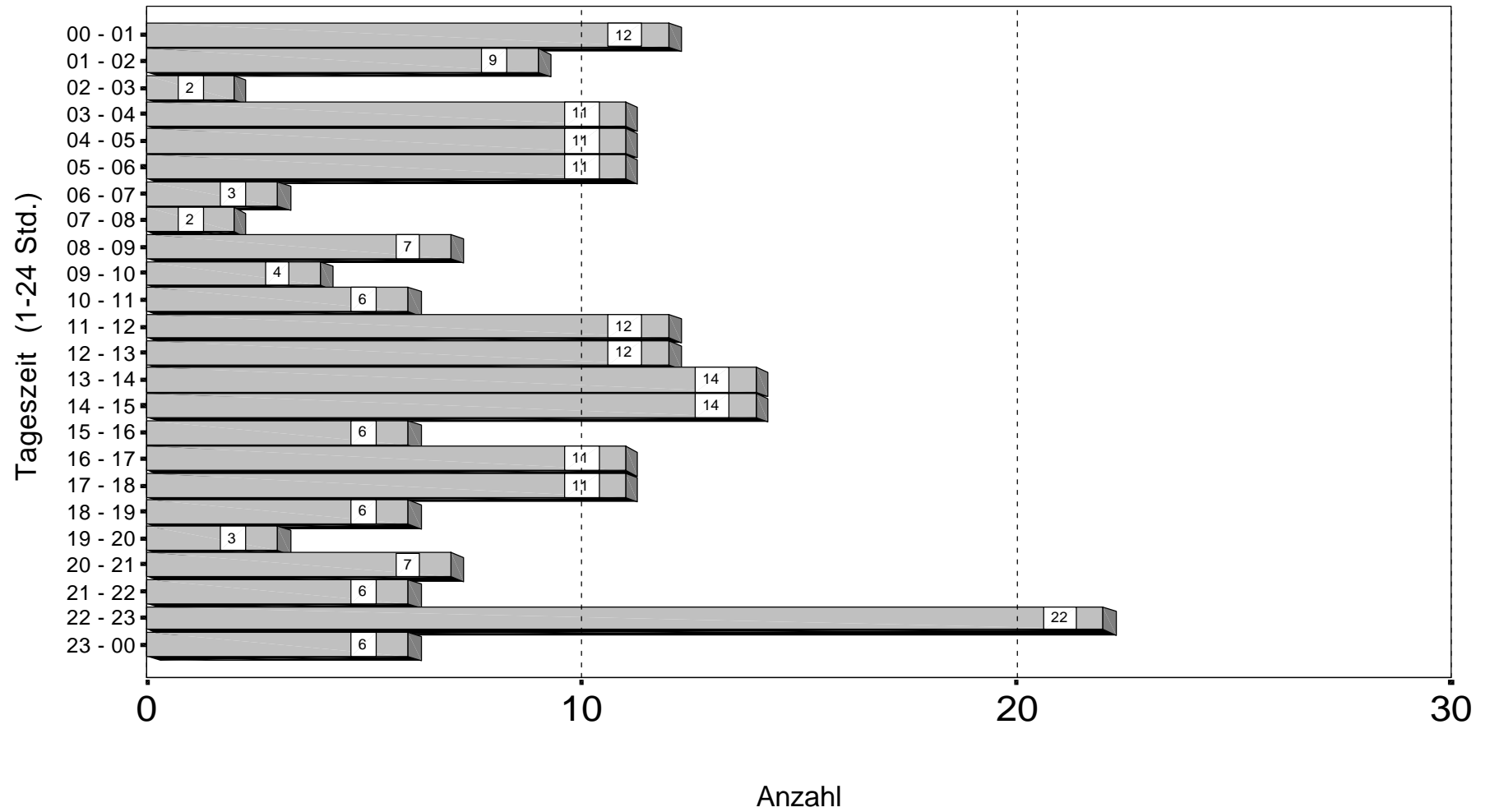


Abb.35: Region Süden: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model

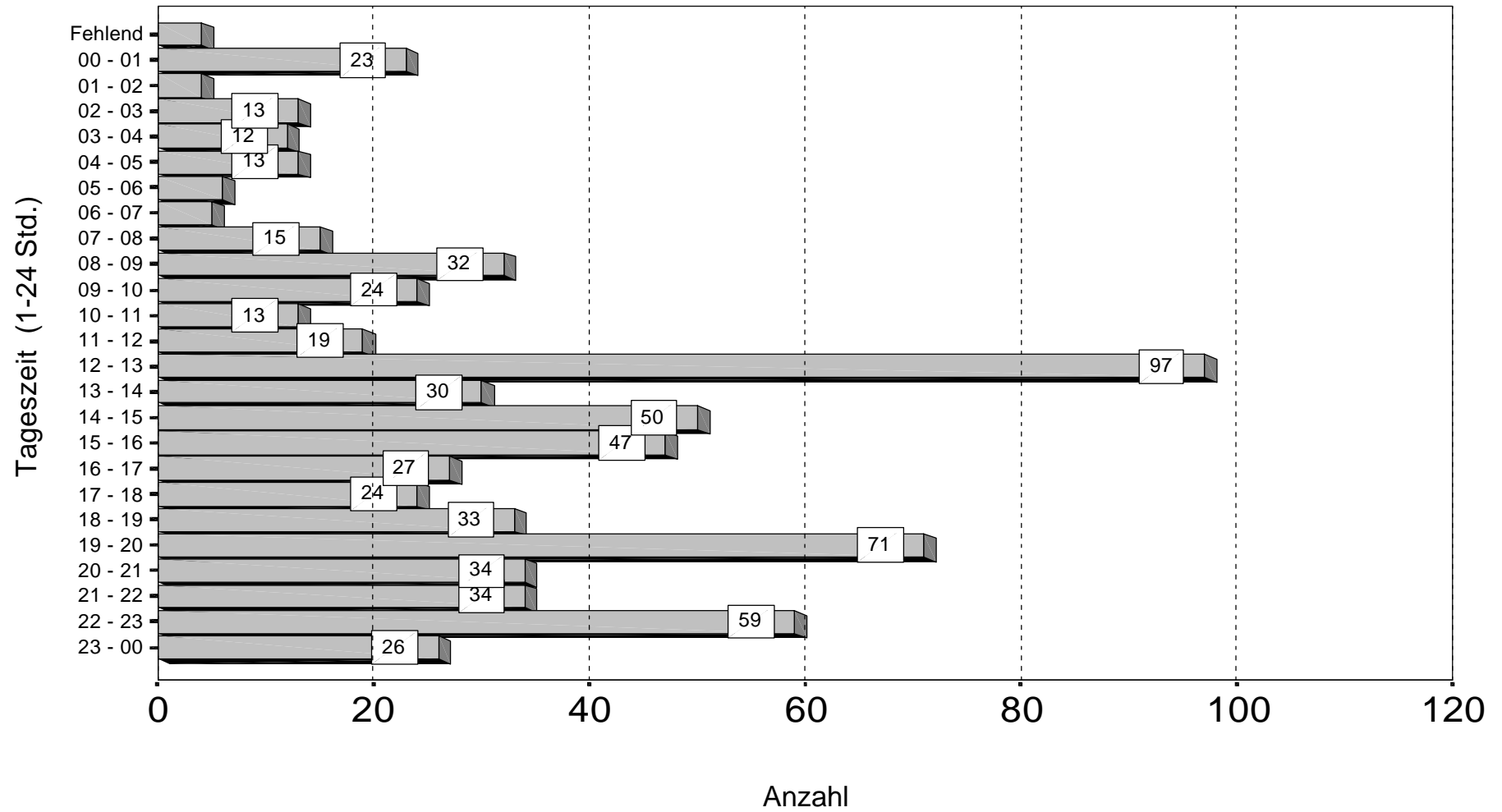


Abb.36: Region Westen: Tageszeitlicher Verlauf der Beschwerdeaktivität im 24h-Model

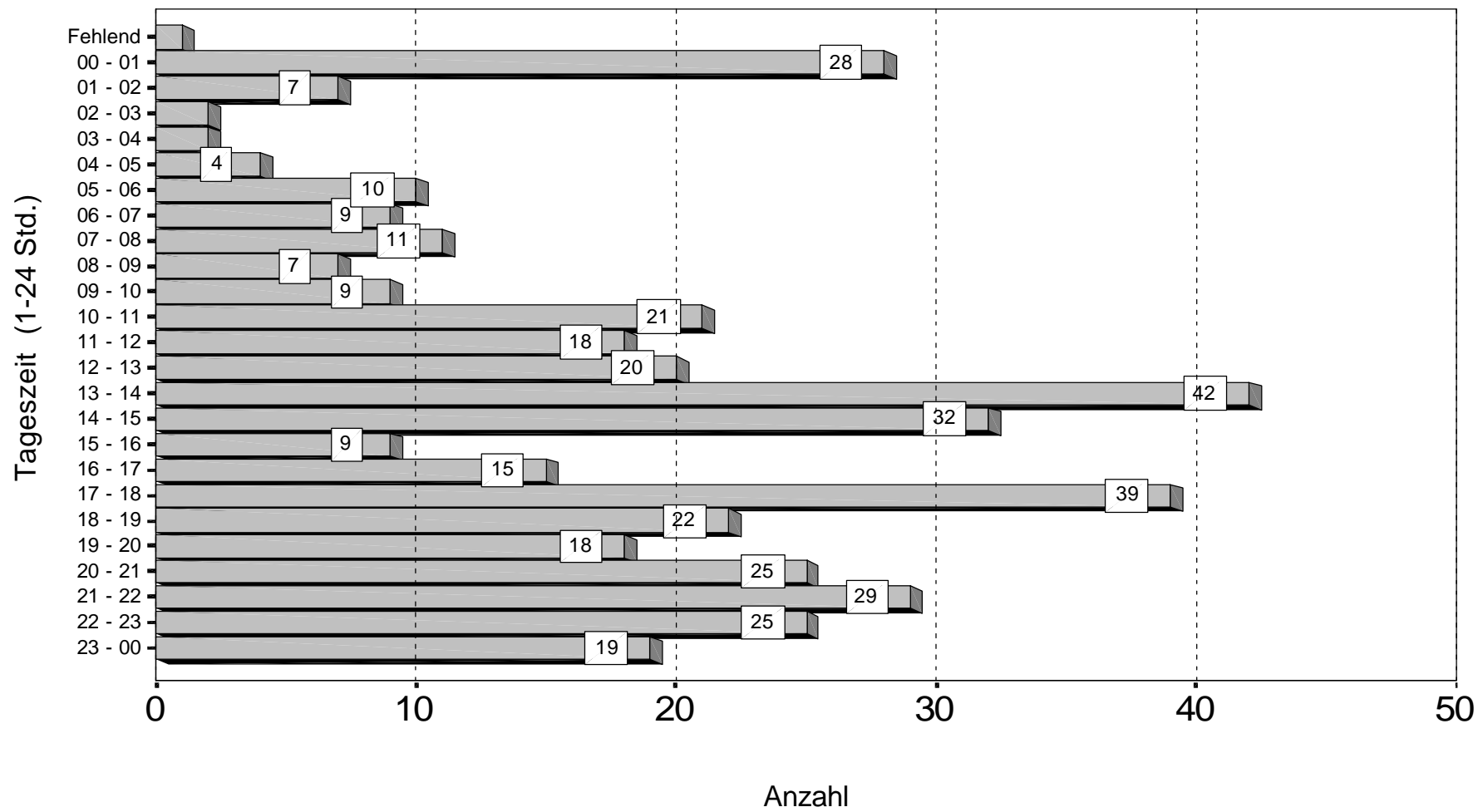


Abb.37: Region Ost: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb

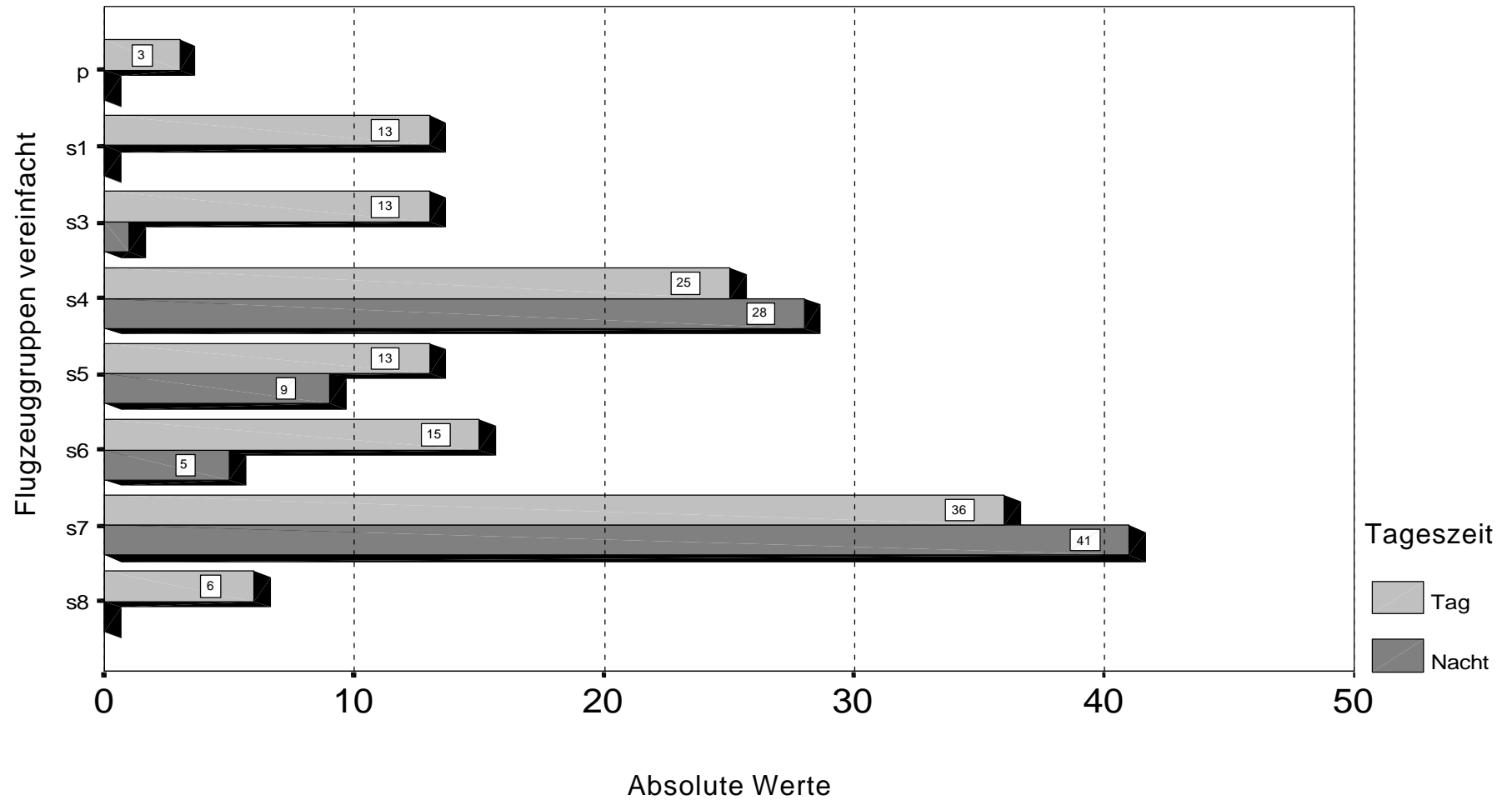


Abb.38: Region Süd: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb

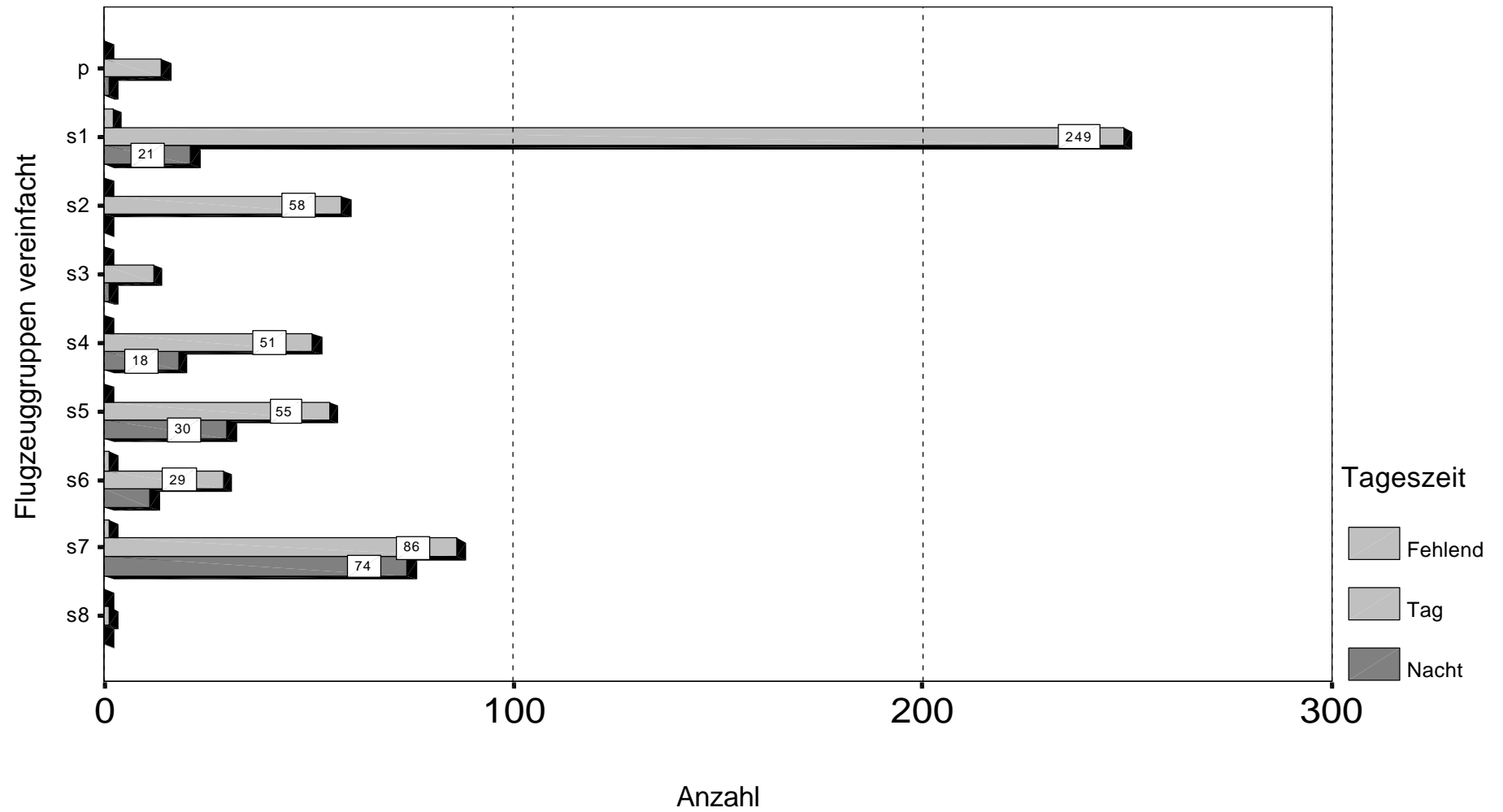


Abb.39: Region West: Beschwerdeverteilung nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) für Tag/Nachtbetrieb

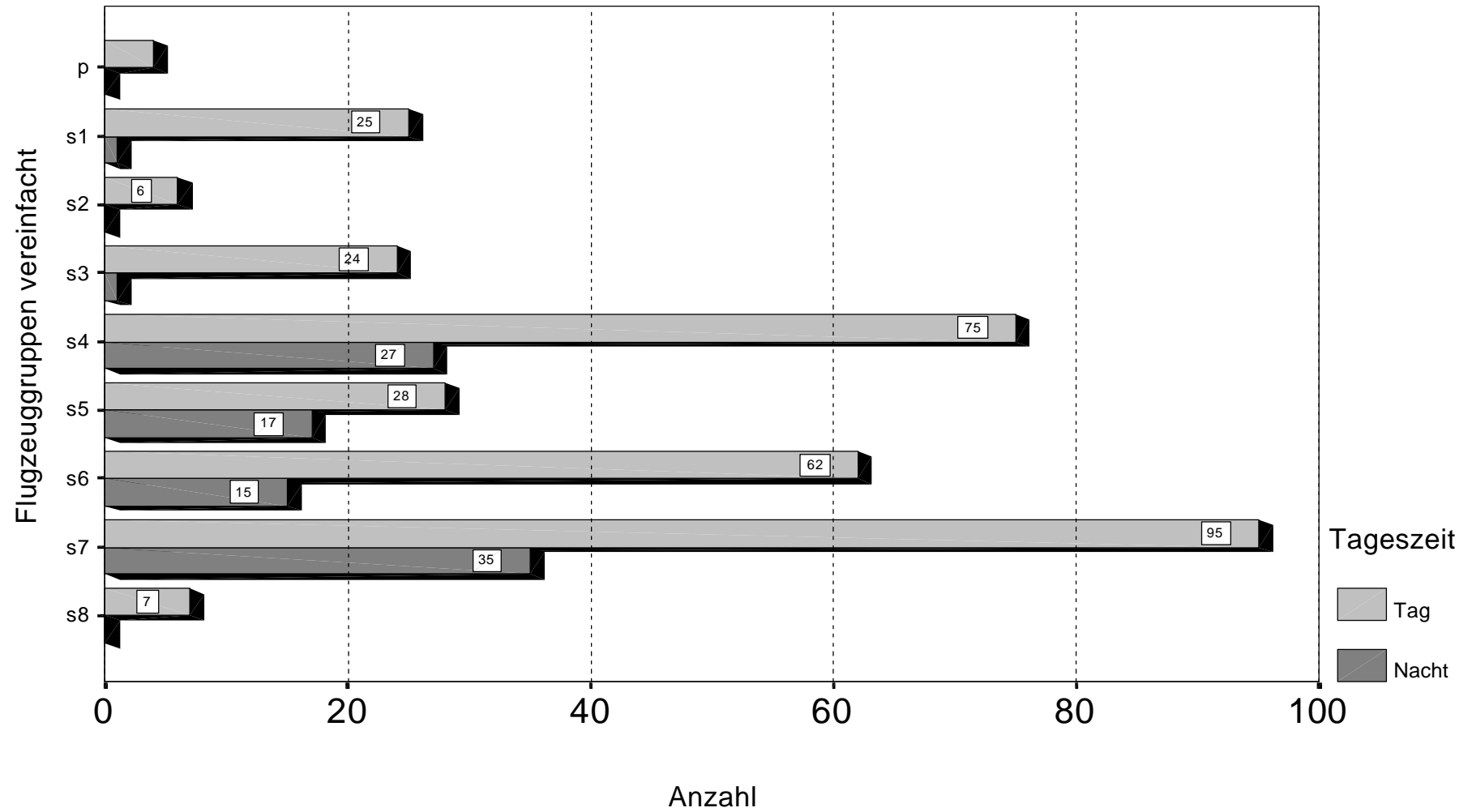
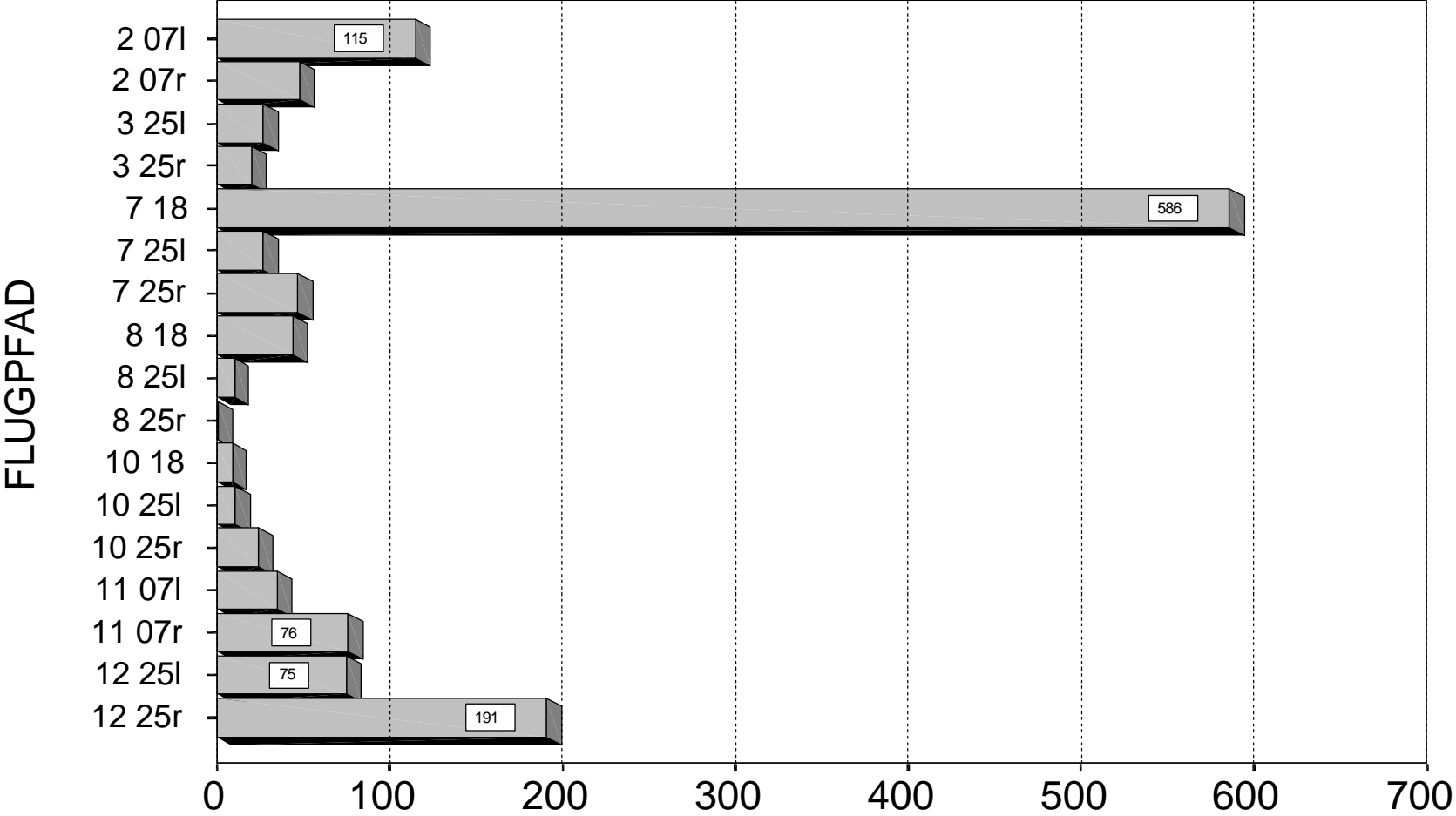


Abb39a: Anzahl der Beschwerden nach Flugpfaden 1.1995 – 5.1998 Gesamt



Anzahl der Beschwerden nach Flugpfaden aufgeteilt

Abb. 39b Relative Verteilung der Beschwerden Tag/Nacht auf Flugpfade

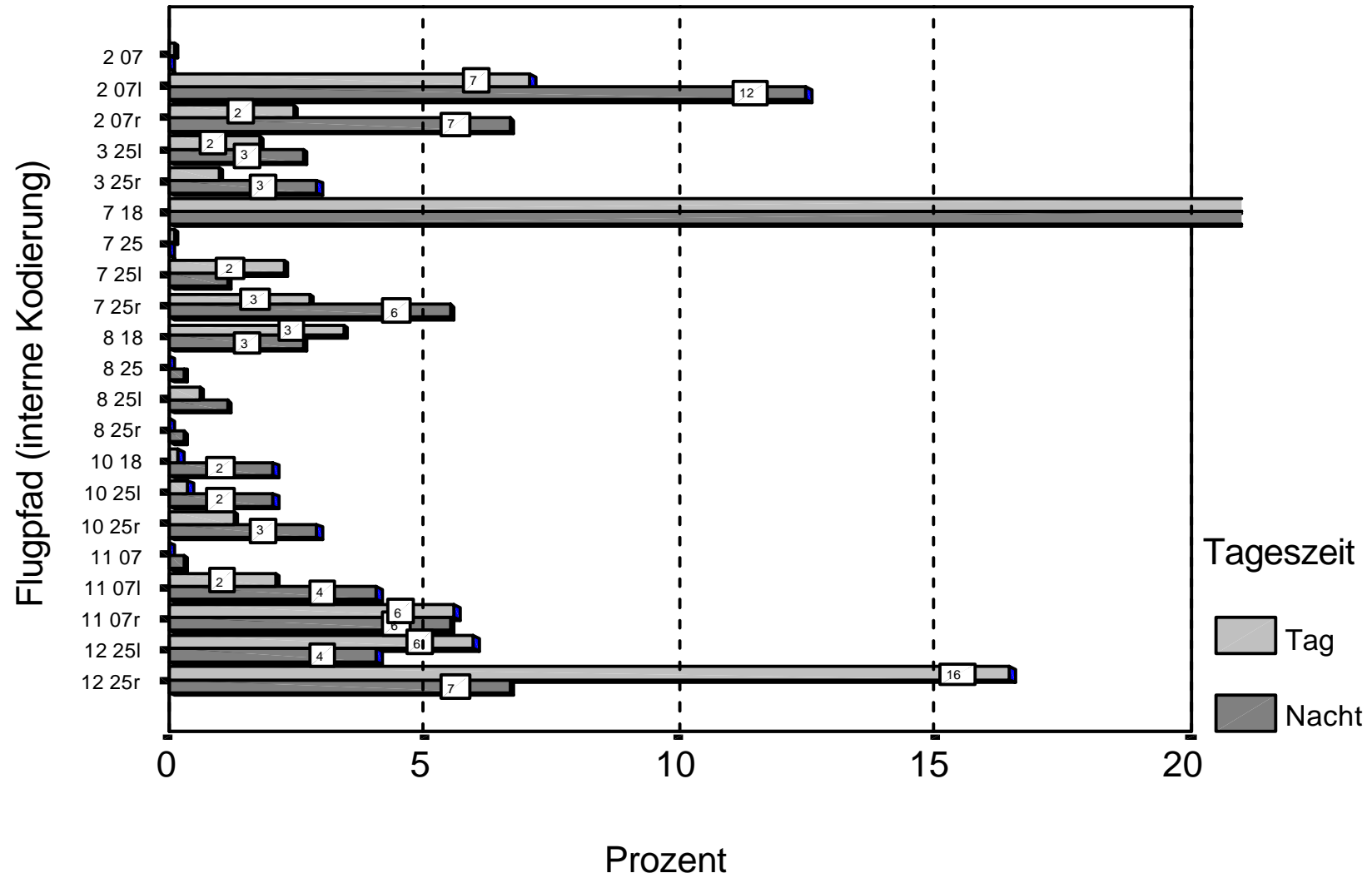


Abb.39c: Anzahl Bewegungen über Flugpfad 1995 Halbjahr

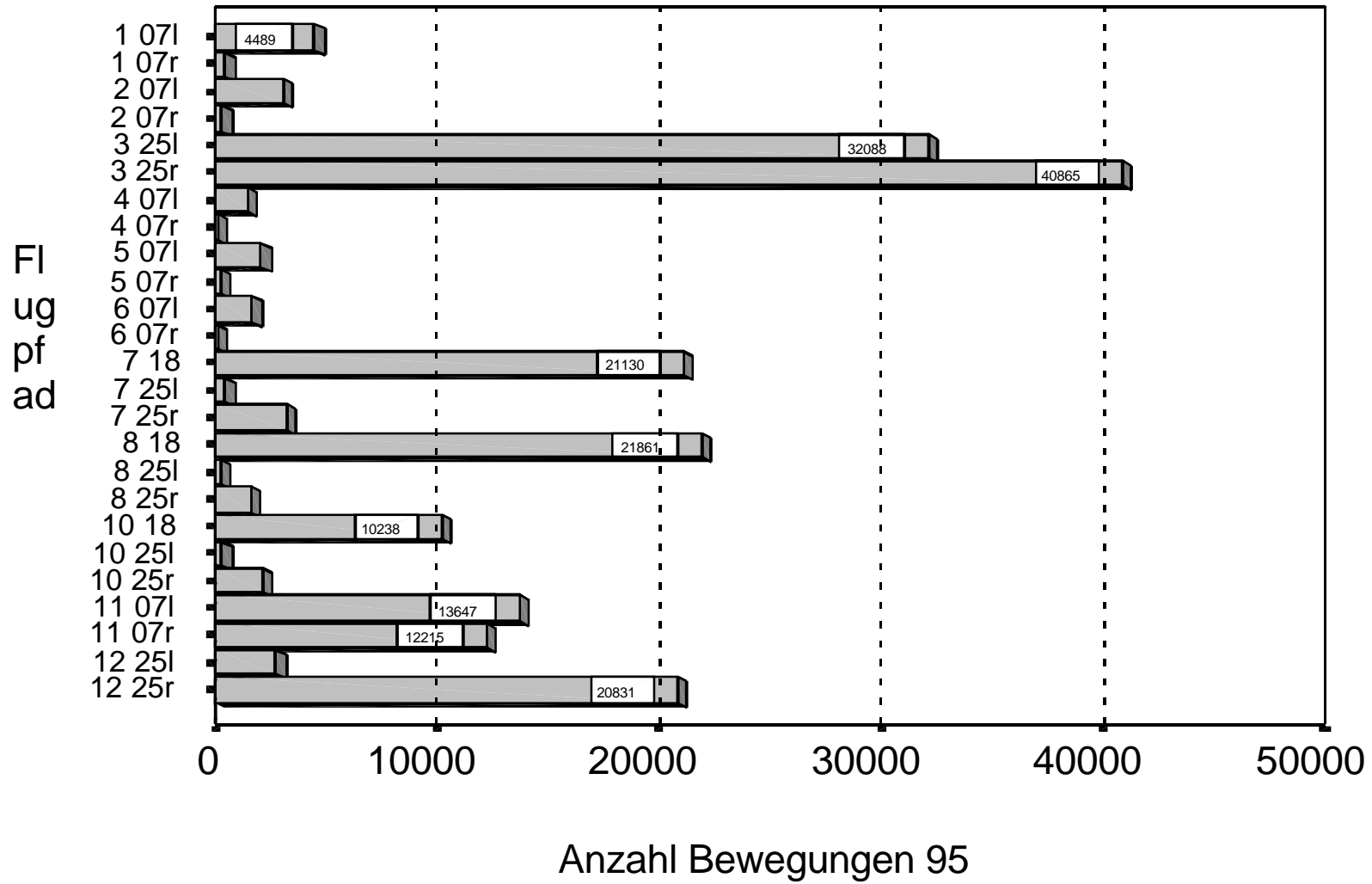
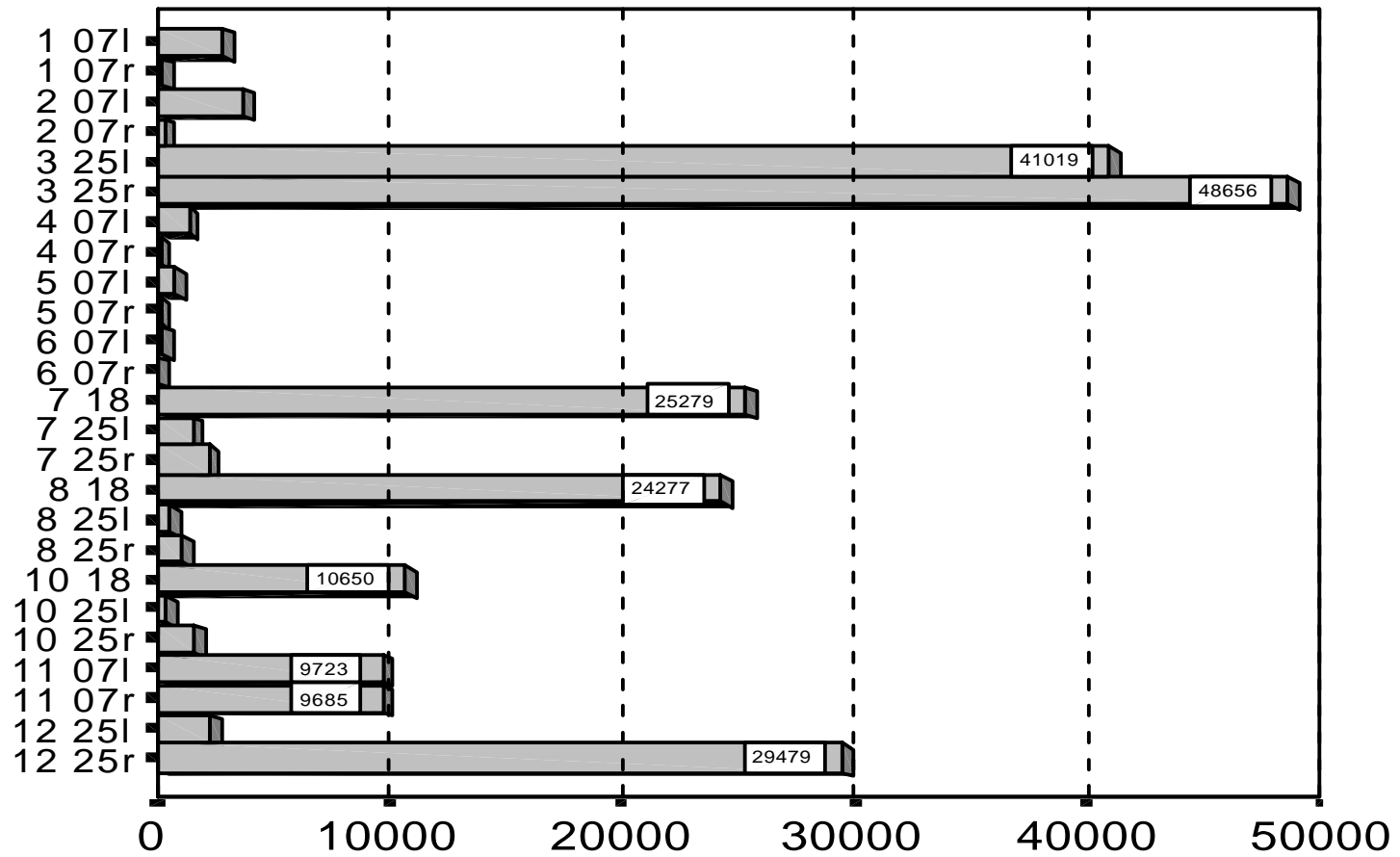


Abb.39d: Anzahl der Flugbewegungen über Flugpfade im Jahr 1998

Flugfad berichtinterne Bezeichnungen



Bewegungen Halbjahr 98 Start und Landungen

Abb.39e: Belästigung der Anwohner durch angrenzenden Flugpfad

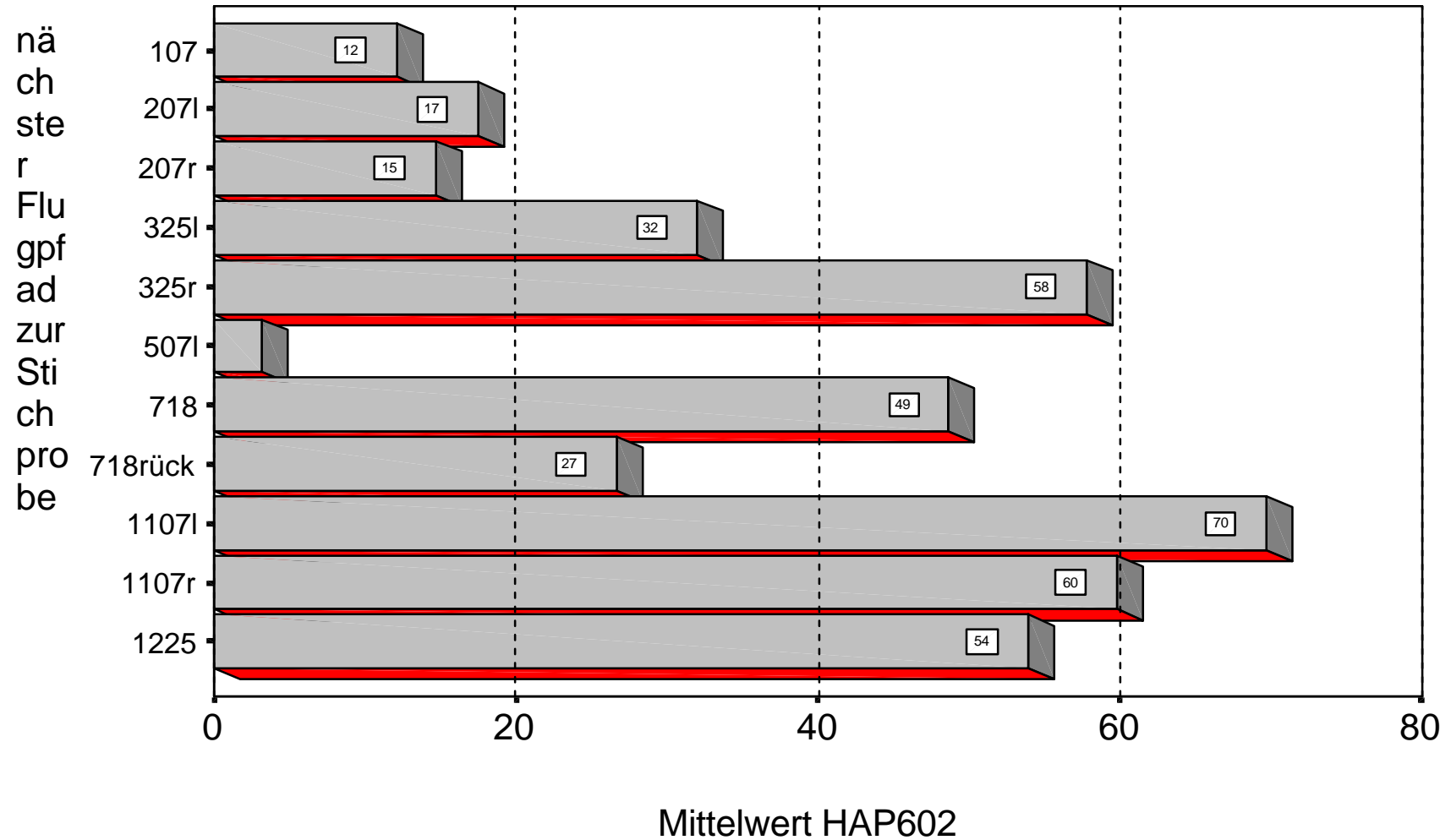


Abb.40: Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Wochentage für Tag- und Nachtbetrieb

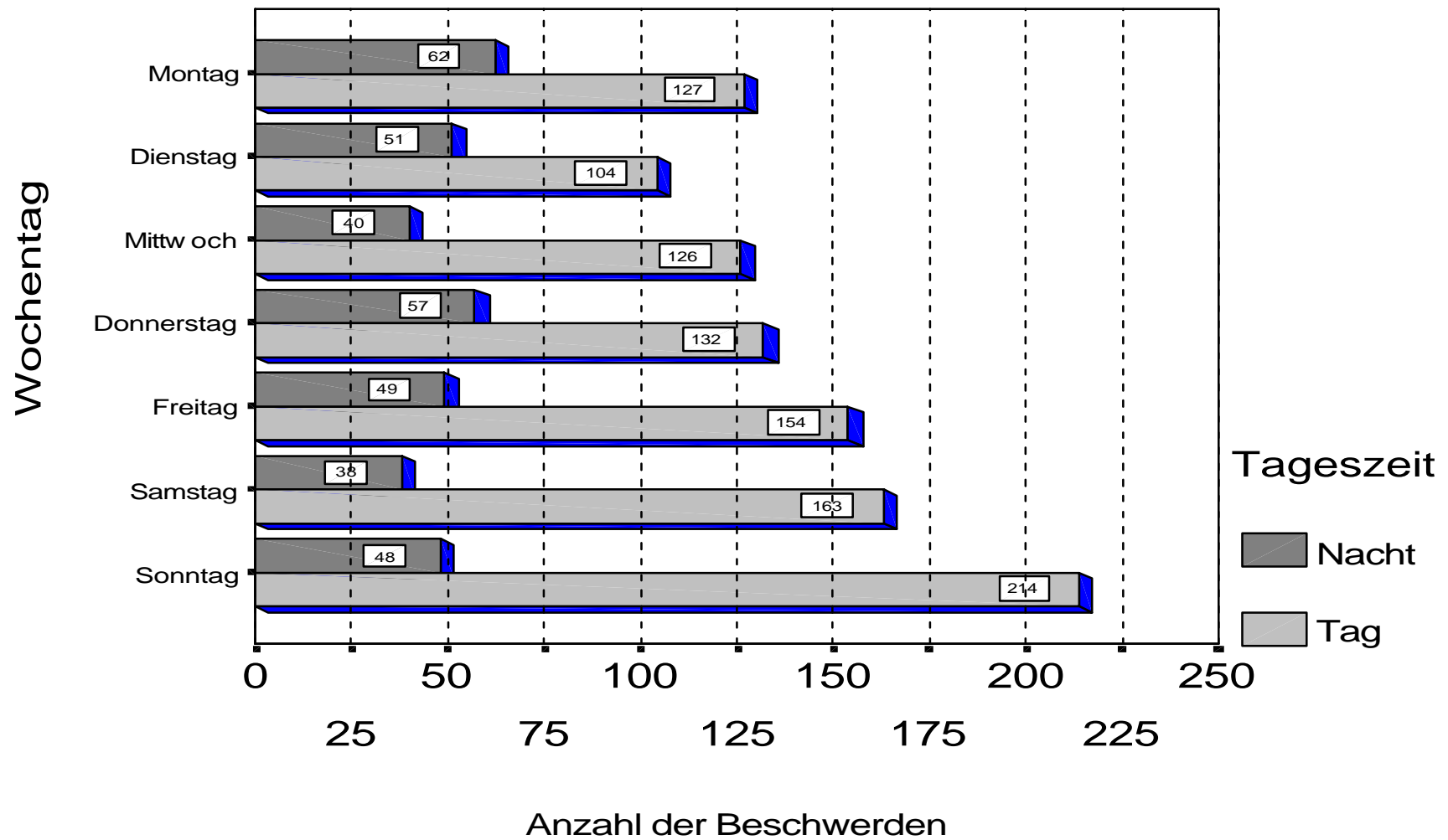


Abb.40a: Beschwerdezahl im Jahreszeitverlauf (Monatsmittel)

für Tag- und Nachtbetrieb (1.1995 - 12.1997)

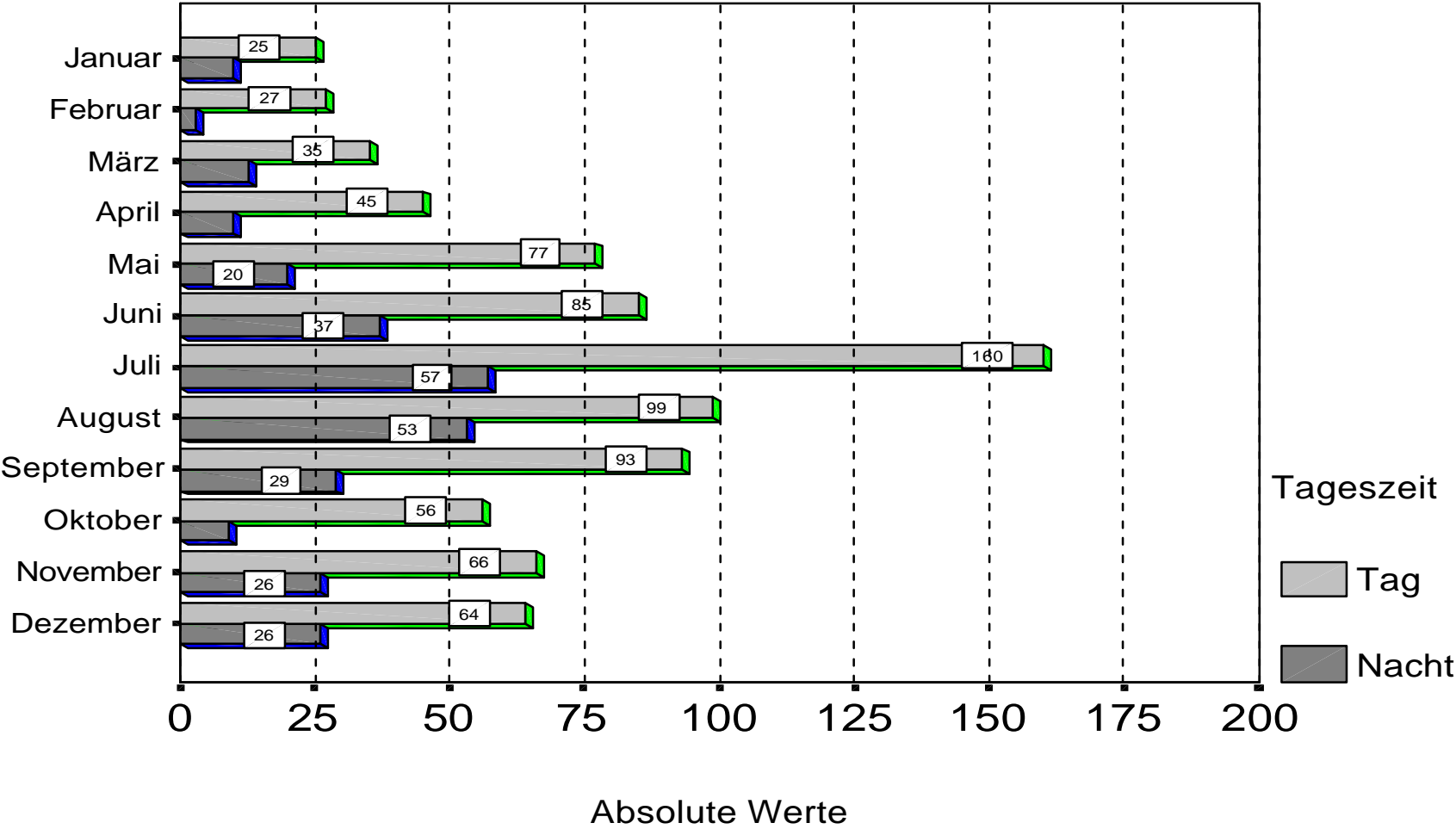


Abb.41 Verteilung (absolut) der Beschwerdefälle auf Monate 1.95 –12.97: Jahreszeitverlauf der Beschwerdeaktivität

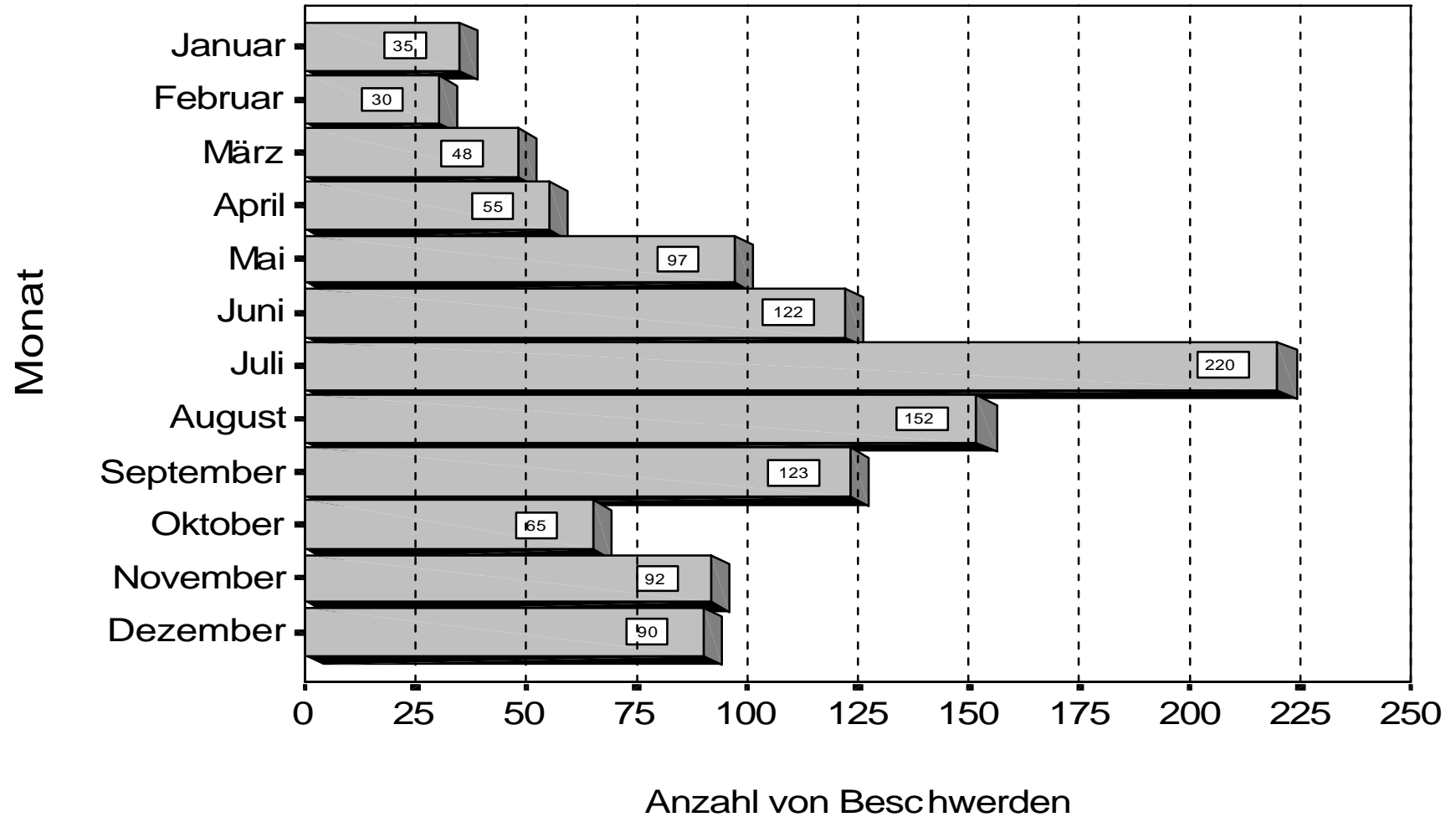


Abb. 41a: Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Winter

für Tag- und Nachtbetrieb (24h-Model)

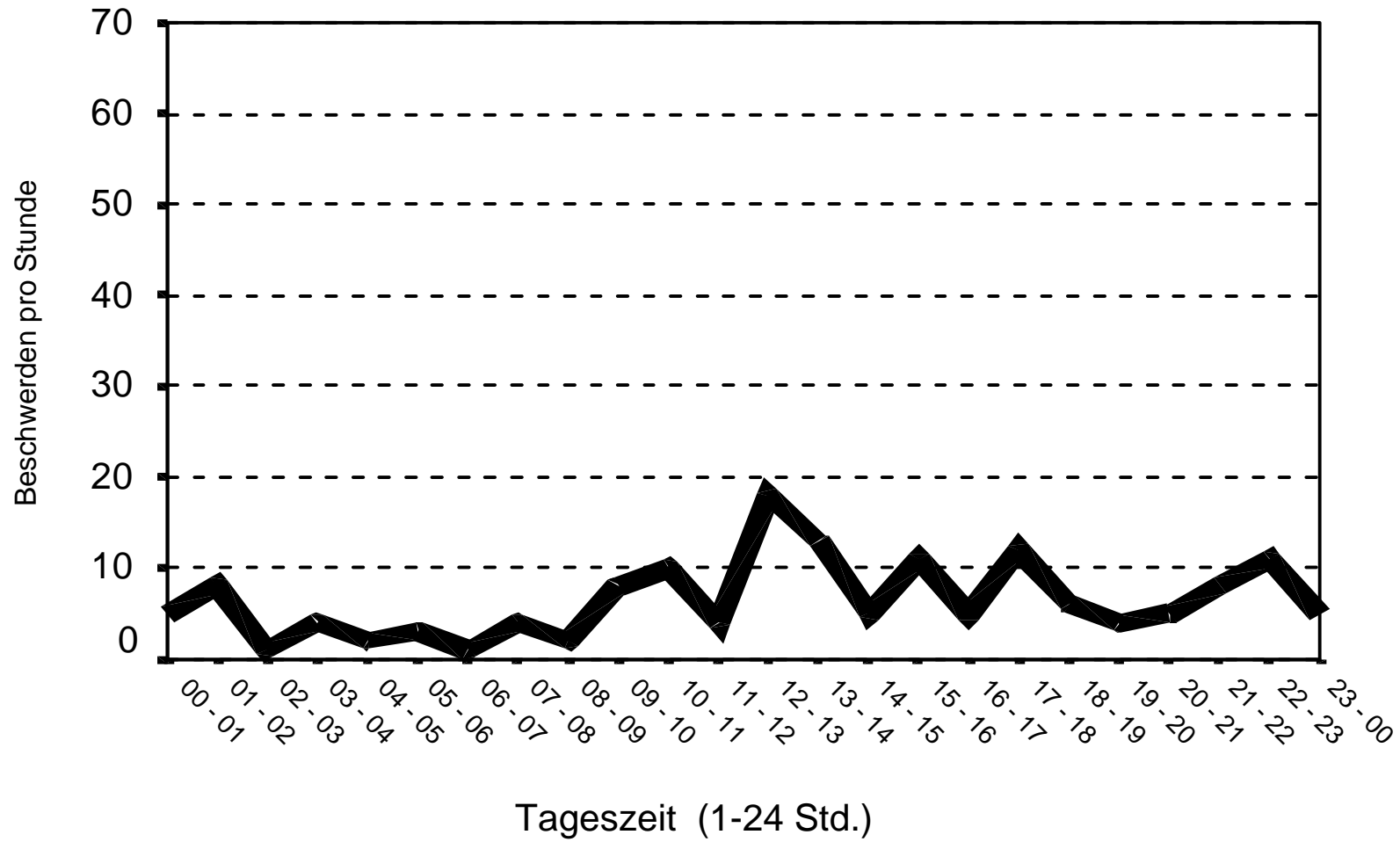


Abb. 41b : Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf : Frühling

für Tag- und Nachtbetrieb (24h-Model)

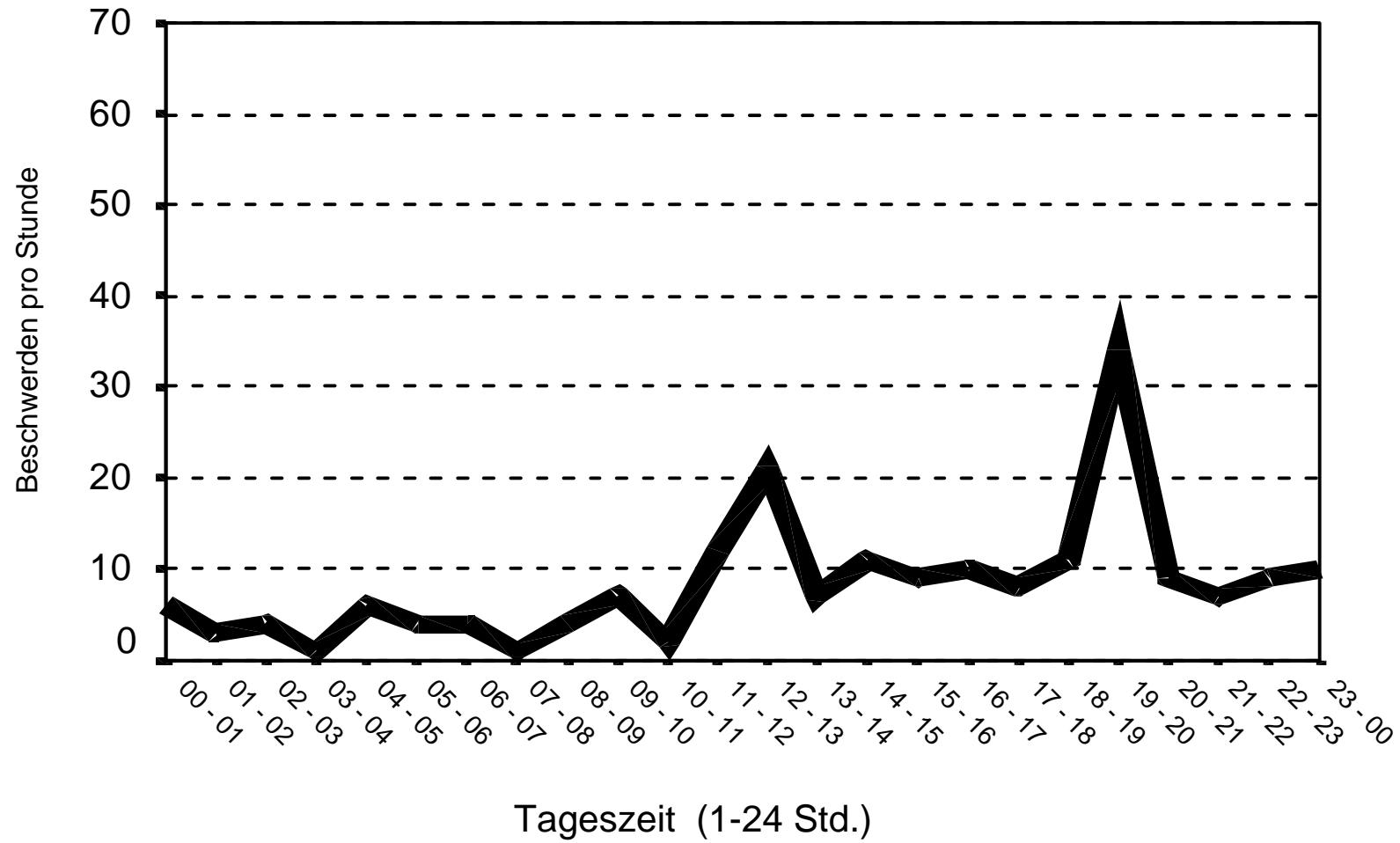


Abb. 41c : Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf: Sommer

für Tag- und Nachtbetrieb (24h-Model)

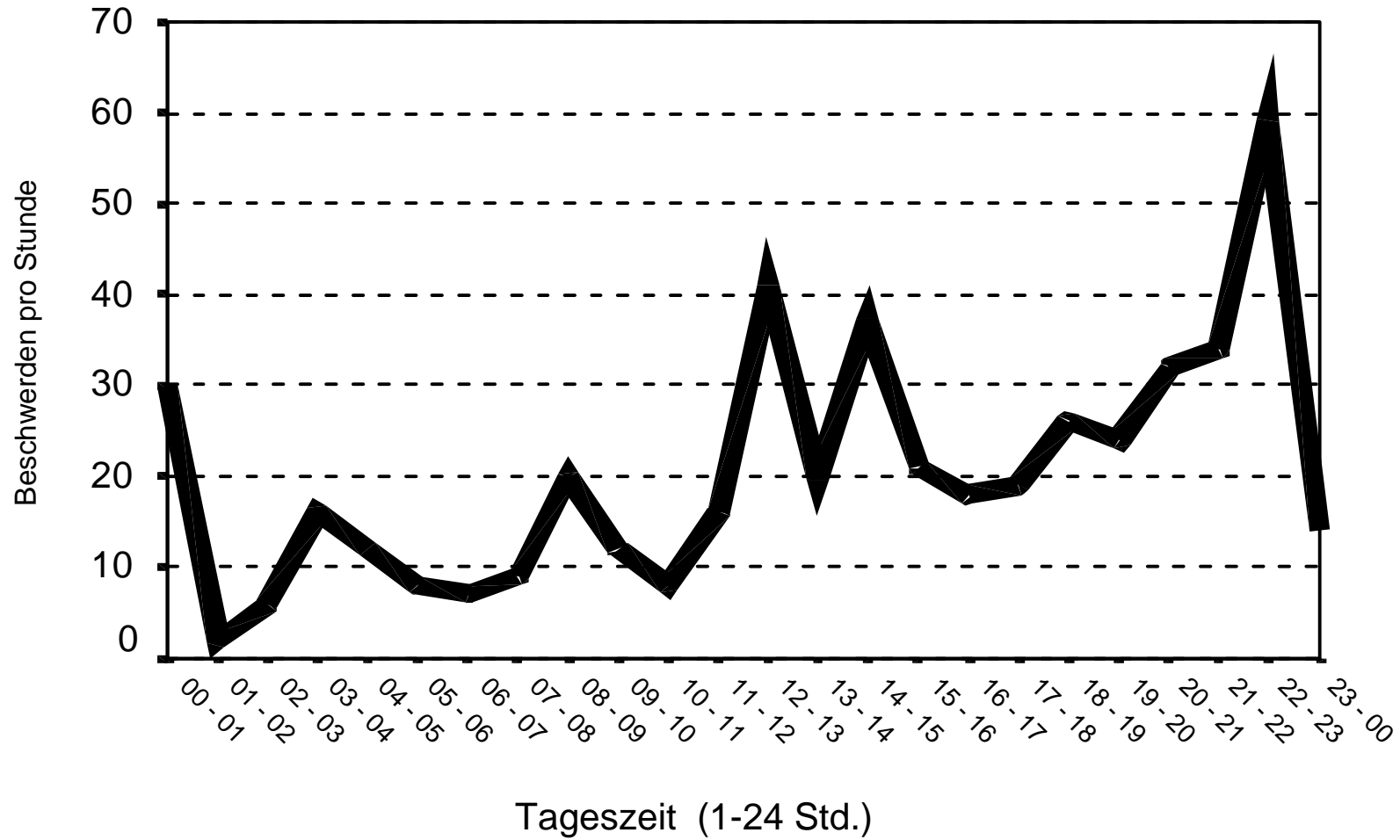


Abb. 41d: Beschwerdezahl im Tageszeitverlauf : Herbst

für Tag- und Nachtbetrieb (24h-Model)

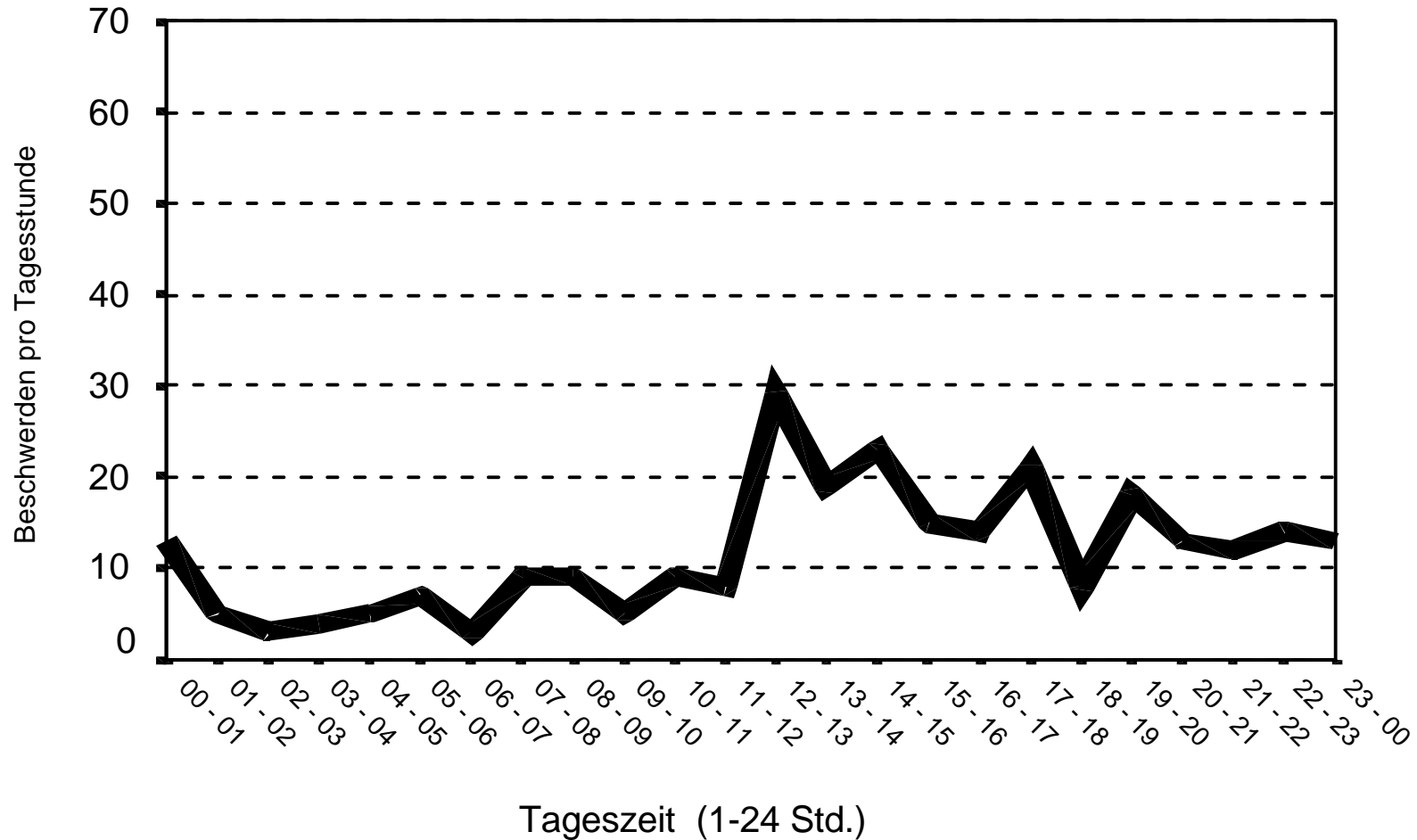


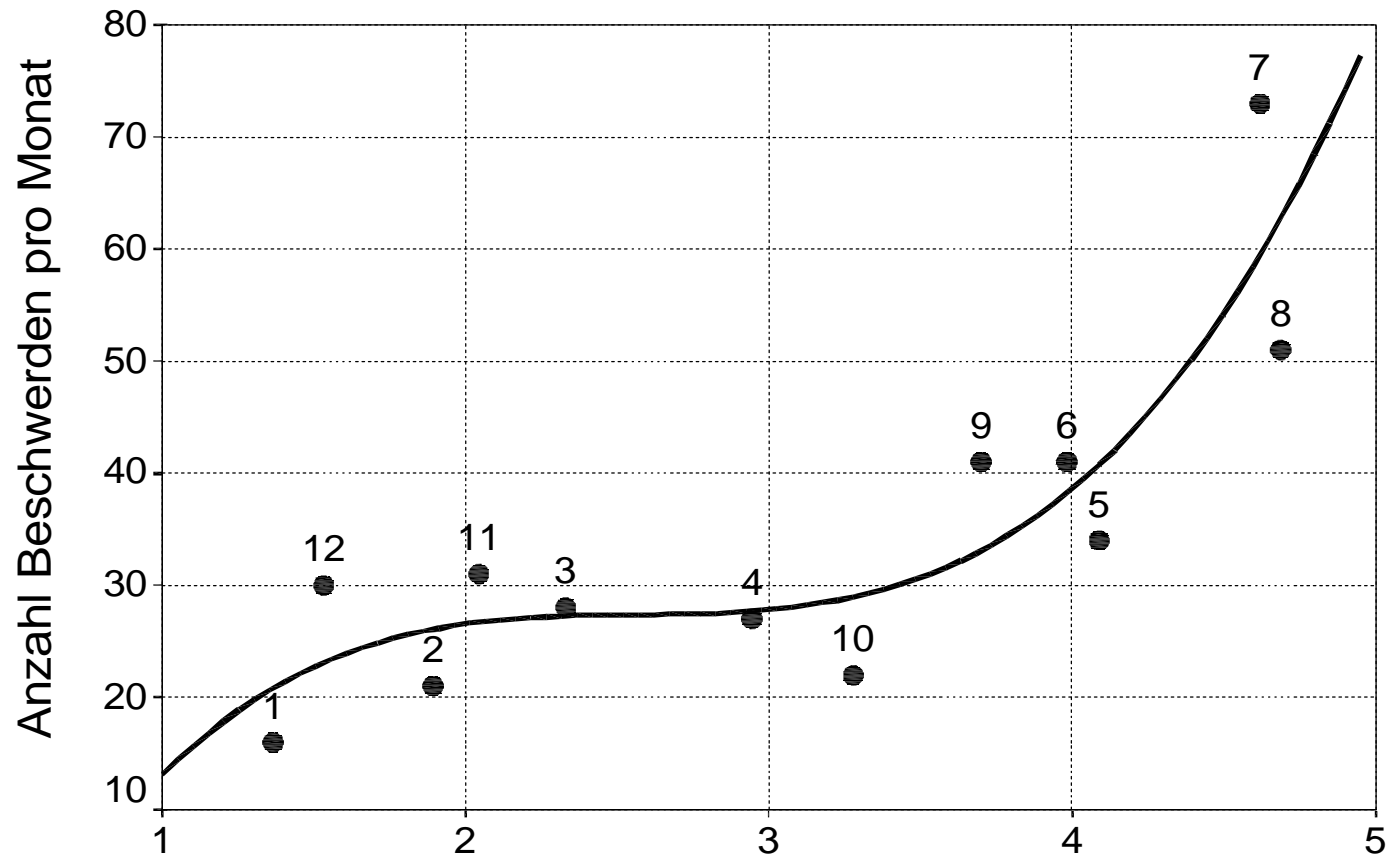
Abb 42a Temperaturverteilung der Beschwerdefälle nach Monaten geordnet

Temperaturklassen 1: 0 - 4°C, 5: 20-25 °C; Mittel der Monate 1.95 -5.98

zu 5°C

5,0

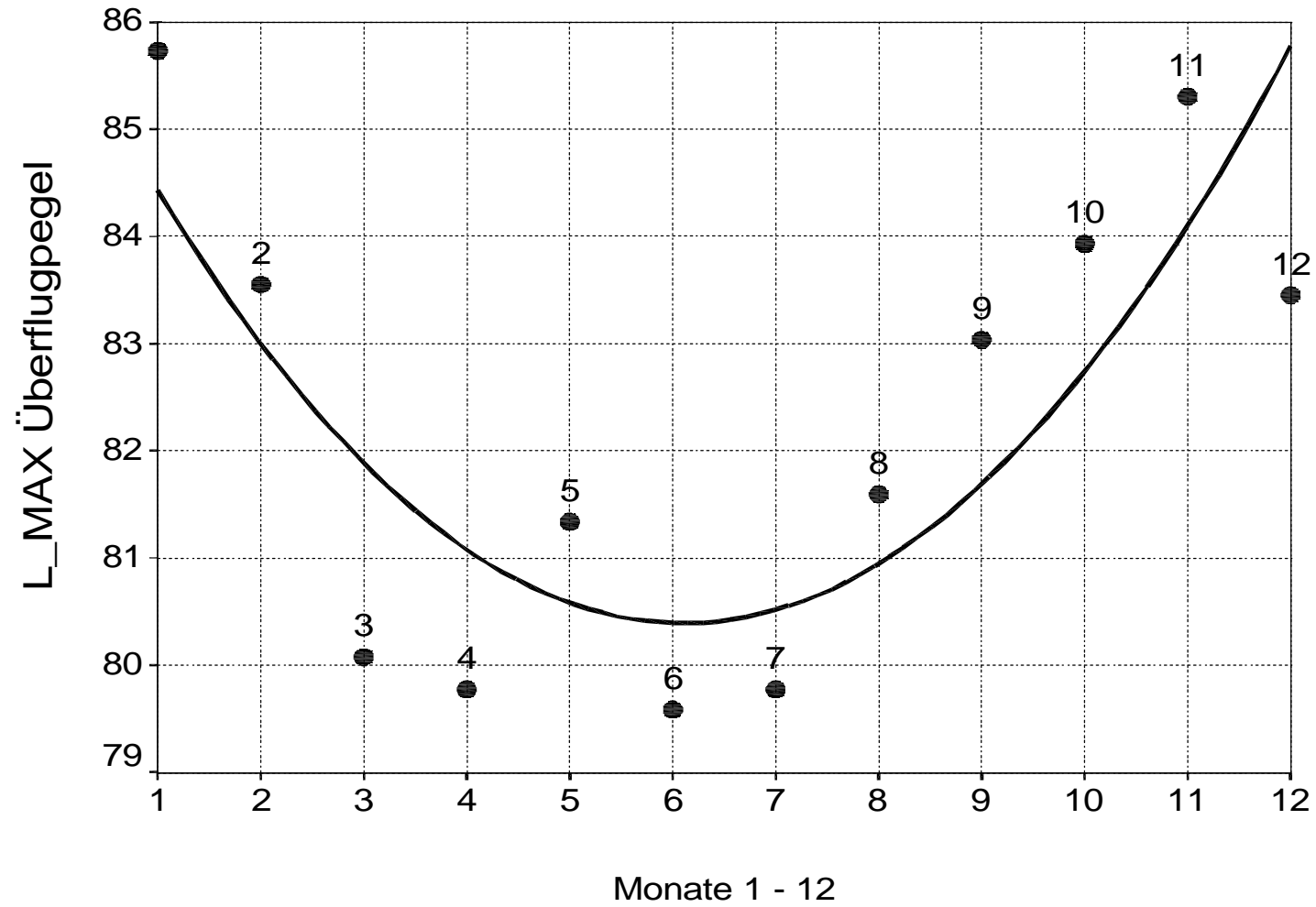
Abb.42b Anzahl der Beschwerden in Abhängigkeit von den Temperaturklassen der Monate



R-Qu. = 0,7737

TEMPERATUR in 5 °C Klassen, 1: 0-4 °C °, 5: 20-25°C

Abb.43: Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel Lmax im Monatsmittel



R-Qu. = 0,6397

Abb.44: Jahreszeitlicher Verlauf der Überflugpegel Lmax (Monatsmittel) für Tag- und Nachtbetrieb

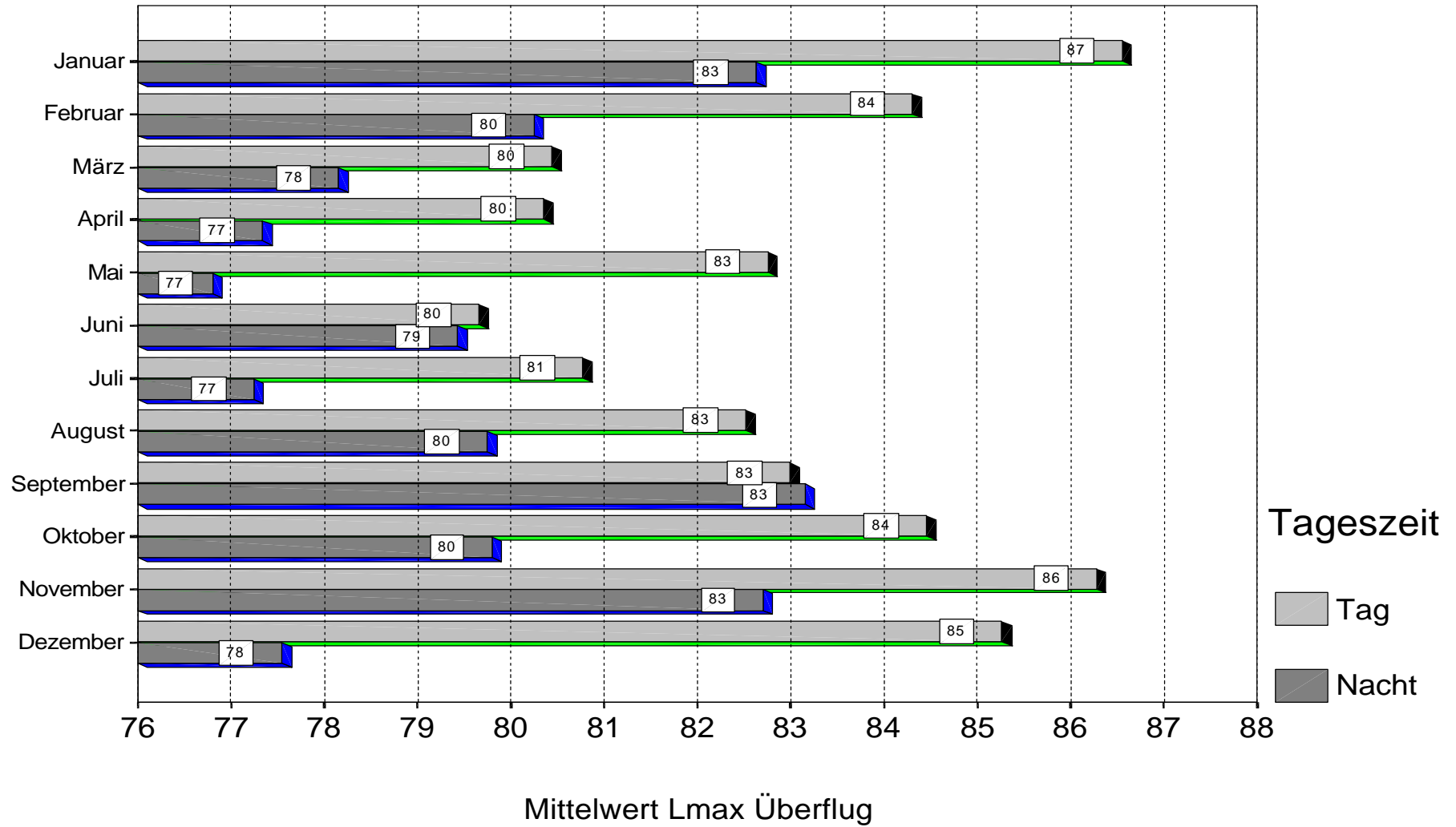


Abb.45: Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 34 Ortslagen und dem zugehörigen Belastungspegel Leq3tag98

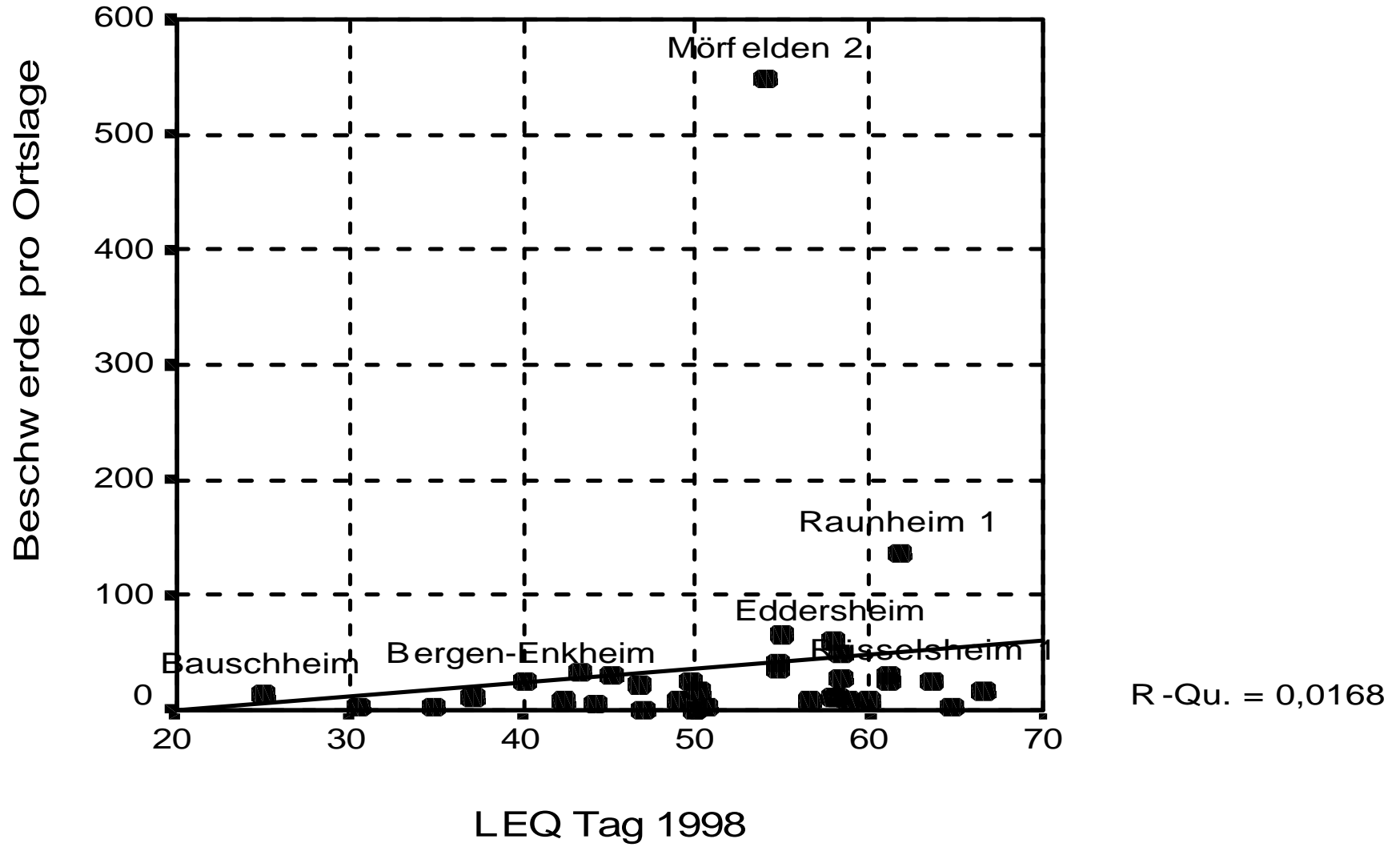
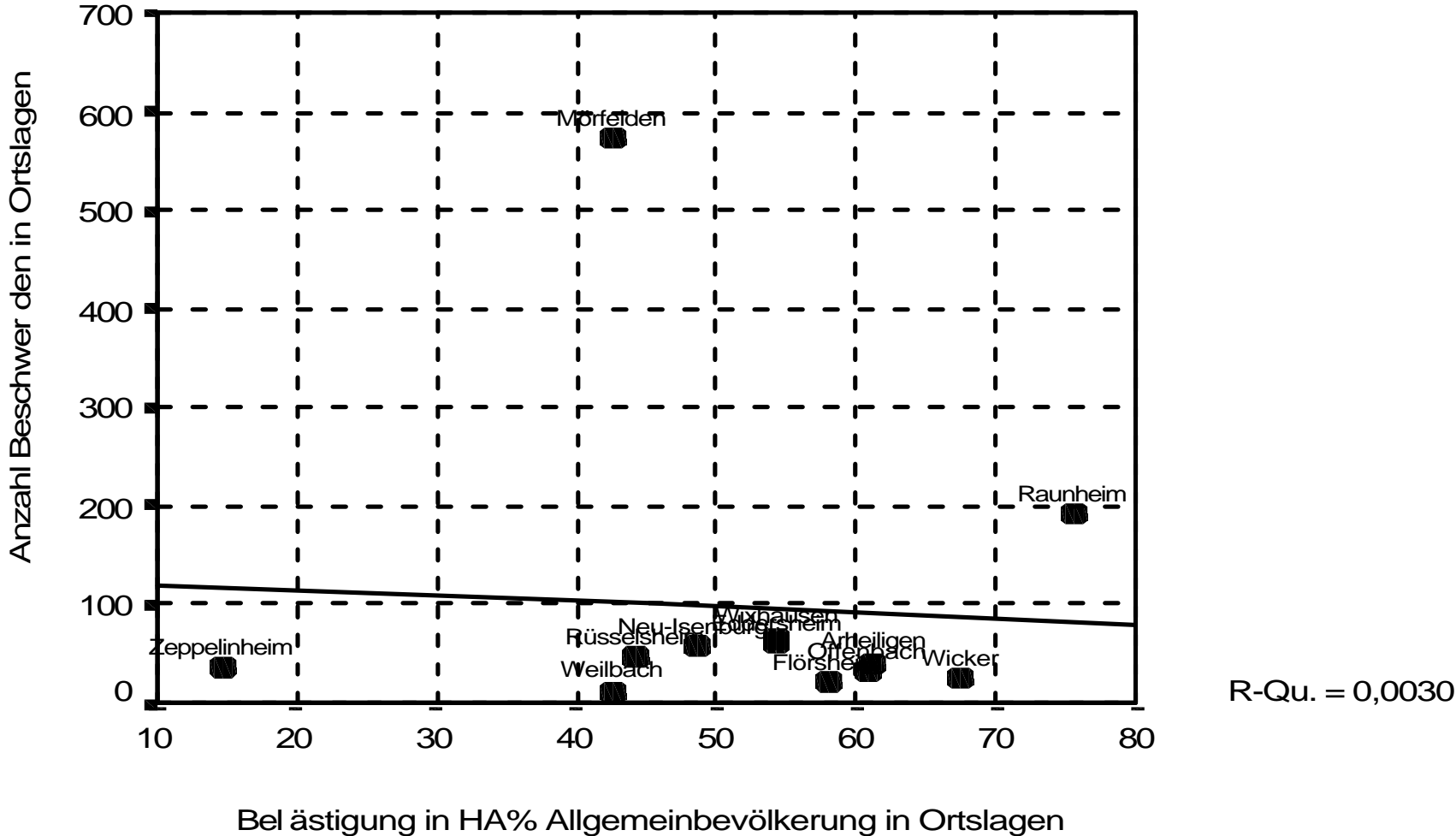


Abb.46: Beziehung zwischen Beschwerdehäufigkeit von 10 Ortslagen und dem zugehörigen Belästigungsparameter HA% (Allgemeinbevölkerung)



7. Anhang 2: Tabellen T1 - T10 mit 12 Tabellen

- T1 Darstellung der physikalischen Parameter der 22 Ortslagen Leq_3 , Nat_{70} und L_{max} für die Jahre 1995 und 1998 ;Mittelwert über 180 Tage
- T2 Darstellung der physikalischen Belastungsparameter für 34 Aufpunkte der 22 Ortslagen der Beschwerdeführer: Leq_3 , Nat_{70} und L_{max} für die Jahre 1995 und 1998; Mittelwert über 180 Tage,
- T3 Darstellung der physikalischen Überflugparameter für 32 Ortslagenaufpunkte(MW) der Beschwerdeereignisse: Typensollpegel L_{max} , gerechnete Überflugpegel L_{max} mit und ohne Ablage, Kursablage, Flughöhe, Abstand Flugzeug zum Beschwerdeführer und Längsentfernung zum Start/Landepunkt
- T4 Einteilung der Flugzeugtypen in Gruppen nach einfachem 9 Klassen- und differenziertem 21 Klassensystem
- T5.1 Anzahl der Gesamt- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998 (Tag und Nacht)
- T5.2 Anzahl der Tag- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen(vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998
- T5.3 Anzahl der Nacht- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998
- T6 Zusammenfassung flugbetriebstechnischer Daten aus den Beschwerdeprotokollen nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)
- T7 Anzahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) bei bestimmten Windgeschwindigkeiten
- T8 Zahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) zu bestimmten Tageszeiten (6 Kategorien) und Darstellung der berechneten Überflugpegel L_{max} nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)
- T9 Startverhalten verschiedener Flugzeugklassen: Längsabstand zum Anrollpunkt und Flughöhe
- T10 Korrelationen zwischen Anzahl der Beschwerden und Bewegungsparametern Leq und NAT_{70} der Wohnlagen der Beschwerdeführer über 32 Ortslagen

Tabelle 1: Darstellung der physikalischen Belastungsparameter für 22 Ortslagen(MW): Leq3, NAT70 und Lmax für die Jahre 1995 und 1998: MW über 180 Tage

Mittelwert

Ortslage	Leq (Tag) 1995	Leq (Nacht) 1995	Leq (Tag) 1998	Leq (Nacht) 1998	NAT70 (Tag) 1995	NAT70 (Nacht) 1995	NAT70 (Tag) 1998	NAT70 (Nacht) 1998	Lmax (Tag) 1995	Lmax (Nacht) 1995	Lmax (Tag) 1998	Lmax (Nacht) 1998
Königstetten	48,1	43,2	46,6	42,8	2,5	,5	1,3	,4	65,0	65,4	64,7	65,1
Bauschheim	25,8	20,5	25,1	17,0	,0	,0	,0	,0	62,5	62,5	62,5	62,5
Rüsselsheim	57,7	47,4	58,1	47,6	66,9	2,9	49,2	3,6	68,0	66,8	67,5	67,1
Raunheim	62,4	54,2	61,1	53,5	124,6	8,7	105,5	8,5	71,0	70,2	69,7	69,5
Flörsheim	59,2	50,9	58,9	51,0	85,7	7,1	81,8	7,2	68,8	69,1	68,6	69,0
Wicker	60,3	51,3	61,0	52,3	82,4	6,6	97,9	7,5	72,6	71,7	72,0	72,0
Weilbach	56,7	47,9	57,1	48,6	42,8	3,2	52,8	3,8	68,7	67,9	68,5	68,0
Eddersheim	57,7	48,9	58,0	49,7	60,8	4,2	70,9	4,7	69,7	69,1	69,7	68,6
Okriftel	51,3	42,7	50,1	44,7	,0	,0	,0	,0	64,0	63,2	63,2	62,5
Hattersheim	38,6	24,8	34,8	21,4	,0	,0	,0	,0	62,5	62,5	62,5	62,5
Bornheim	42,7	34,2	43,4	35,4	,6	,0	,7	,1	64,4	64,2	65,2	65,1
Seckbach	36,9	25,9	37,1	31,1	,3	,0	,3	,1	67,1	65,0	69,5	66,9
Bergen-Enkheim	39,4	27,5	40,0	33,5	,5	,0	,4	,1	68,9	65,3	70,9	67,4
Rumpenheim/Waldheim	30,8	19,1	30,4	24,0	,0	,0	,1	,0	63,9	62,5	65,3	63,2
Offenbach	59,0	51,7	62,4	52,8	60,9	6,8	79,1	9,4	66,0	66,1	66,6	66,7
Neu-Isenburg	56,2	48,8	55,9	49,7	41,3	4,1	50,1	5,7	67,0	66,7	66,9	66,6
Zeppelinheim	56,4	47,4	54,6	48,8	,6	,0	16,0	1,9	63,5	63,0	64,0	64,2
Walldorf	47,4	36,7	45,2	40,2	1,1	,0	,1	,0	63,5	62,5	62,8	62,5
Mörfelden	59,7	51,9	58,9	54,8	83,3	8,2	67,2	12,9	67,4	67,8	66,7	68,5
Wixhausen	55,9	49,3	55,1	50,8	32,6	4,2	27,4	6,5	68,0	68,2	67,2	68,6
Arheilgen	55,6	49,1	54,8	50,8	32,7	4,1	28,5	6,7	67,7	68,1	67,0	68,5
Darmstadt (Nord-Mitte)	48,0	41,6	46,9	43,2	1,7	,1	,9	,2	64,1	63,5	64,2	64,1
Insgesamt	57,3	49,2	56,7	50,9	68,8	6,1	60,0	8,6	67,8	67,6	67,2	67,9

**abelle 2: Darstellung der physikalischen Belastungsparameter für 34 Aufpunkte der 22 Ortslagen(MW)
Leq3,NAT70 und Lmax für die Jahre 1995 und 1998: MW über 180 Tage**

Mittelwert

Ortslage nach Meßpunkten	Leq (Tag) 1995	Leq (Nacht) 1995	Leq (Tag) 1998	Leq (Nacht) 1998	NAT70 (Tag) 1995	NAT70 (Nacht) 1995	NAT70 (Tag) 1998	NAT70 (Nacht) 1998	Lmax (Tag) 1995	Lmax (Nacht) 1995	Lmax (Tag) 1998	Lmax (Nacht) 1998
Königstetten	48,1	43,2	46,6	42,8	2,5	,5	1,3	,4	65,0	65,4	64,7	65,1
Bauschheim	25,8	20,5	25,1	17,0	,0	,0	,0	,0	62,5	62,5	62,5	62,5
Rüsselsheim 1	62,1	51,2	63,7	51,3	92,8	4,0	69,7	5,0	70,1	68,3	69,4	68,8
Rüsselsheim 2	59,6	49,4	58,9	49,9	91,3	3,9	63,3	4,8	69,7	68,1	68,7	68,5
Rüsselsheim 3	50,0	40,6	48,9	40,9	,1	,0	,1	,0	63,2	63,0	63,5	63,4
Rüsselsheim 4	45,3	36,7	44,3	36,7	,0	,0	,0	,0	62,7	63,1	62,7	62,7
Raunheim 1	63,0	55,2	61,7	54,2	127,4	9,6	111,9	9,3	71,5	71,2	70,2	70,2
Raunheim 2	62,2	53,3	61,1	53,1	149,7	8,8	118,2	8,7	71,6	69,2	70,2	69,2
Raunheim 3	59,3	49,9	58,3	50,2	80,9	3,4	57,6	3,8	67,7	65,8	66,9	65,9
Flörsheim 1	58,8	50,6	58,2	50,6	94,7	7,7	77,3	6,9	68,4	69,1	68,0	68,7
Flörsheim 2	59,7	51,2	59,9	51,6	73,6	6,3	87,8	7,5	69,2	69,1	69,5	69,4
Wicker	60,3	51,3	61,0	52,3	82,4	6,6	97,9	7,5	72,6	71,7	72,0	72,0
Weilbach 1	57,4	48,6	57,8	49,3	46,5	3,4	57,5	4,1	69,1	68,3	68,9	68,4
Weilbach 2	49,6	40,7	49,8	41,2	2,2	,0	,8	,0	64,2	64,0	64,1	64,0
Eddersheim	57,7	48,9	58,0	49,7	60,8	4,2	70,9	4,7	69,7	69,1	69,7	68,6
Okriftel	51,3	42,7	50,1	44,7	,0	,0	,0	,0	64,0	63,2	63,2	62,5
Hattersheim	38,6	24,8	34,8	21,4	,0	,0	,0	,0	62,5	62,5	62,5	62,5
Bornheim	42,7	34,2	43,4	35,4	,6	,0	,7	,1	64,4	64,2	65,2	65,1
Seckbach	36,9	25,9	37,1	31,1	,3	,0	,3	,1	67,1	65,0	69,5	66,9
Bergen-Enkheim	39,4	27,5	40,0	33,5	,5	,0	,4	,1	68,9	65,3	70,9	67,4
Rumpenheim/Waldheim	30,8	19,1	30,4	24,0	,0	,0	,1	,0	63,9	62,5	65,3	63,2
Offenbach 1	64,2	57,3	64,7	55,8	35,8	6,6	121,7	17,9	64,4	65,6	69,1	69,4
Offenbach 2	60,4	52,5	66,6	54,3	106,6	11,3	119,8	13,4	67,6	67,5	67,6	67,5
Offenbach 3	56,1	49,7	56,5	50,7	4,3	,4	5,2	,6	64,5	64,6	64,5	65,0
Offenbach 4	50,1	43,8	50,5	44,8	,4	,0	,4	,0	62,8	62,6	62,9	62,6
Neu-Isenburg 1	58,5	51,1	58,4	52,0	48,9	4,9	59,5	6,8	67,7	67,4	67,6	67,2
Neu-Isenburg 2	44,2	36,6	42,4	37,4	,6	,0	,2	,0	63,5	63,0	63,3	63,5
Zeppelinheim	56,4	47,4	54,6	48,8	,6	,0	16,0	1,9	63,5	63,0	64,0	64,2
Walldorf	47,4	36,7	45,2	40,2	1,1	,0	,1	,0	63,5	62,5	62,8	62,5
Mörfelden 1	51,5	44,0	49,6	45,5	2,5	,0	,5	,0	63,9	62,8	63,3	62,9
Mörfelden 2	60,1	52,2	59,3	55,2	86,8	8,6	70,1	13,5	67,6	68,0	66,8	68,7
Wixhausen	55,8	49,2	55,0	50,7	31,0	4,1	26,1	6,3	68,0	68,2	67,2	68,6
Arheiligen	55,6	49,1	54,8	50,8	32,7	4,1	28,5	6,7	67,7	68,1	67,0	68,5
Darmstadt (Nord-Mitte)	48,0	41,6	46,9	43,2	1,7	,1	,9	,2	64,1	63,5	64,2	64,1
Insgesamt	57,3	49,2	56,7	50,9	68,8	6,1	60,0	8,6	67,8	67,6	67,2	67,9

Tabelle 3: Darstellung der physikalischen Überflugparameter für 32 Ortslagenaufpunkte(MW) der Beschwerdeereignisse: Typensollpegel Lmax, gerechnete Überflugpegel Lmax mit und ohne Ablage, Kursablage, Flughöhe, Abstand Flugzeug zum Beschwerdeführer und Längsentfernung zum Start/Landepunkt

Ortslage nach Meßpunkten	Typenpegel MW über FH-Meßpunkte in dB(A)	Lmax Überflug	Lmax Überflug (ohne Ablage)	Kursablage m	Höhe m	Abstand Flugzeug Beschwerdeführer Bodenprojektion m	Entfernung vom Start-/Landepunkt m
Rüsselsheim 1	81,8	84,0	84,4	92,0	509,5	176,8	9150,0
Rüsselsheim 2	77,7	69,7	70,0	288,9	668,8	887,4	8711,1
Rüsselsheim 3	77,7	70,2	70,2	,0	640,4	1052,1	9557,1
Rüsselsheim 4	75,9	66,8	66,5	533,3	536,7	1353,6	9733,3
Raunheim 1	78,2	82,5	78,7	382,7	601,7	1379,1	9211,8
Raunheim 2	83,9	88,6	88,5	10,0	356,1	125,2	6793,3
Raunheim 3	79,7	82,0	81,1	115,4	433,0	793,1	7326,9
Flörsheim 1	79,8	79,7	73,8	366,7	707,6	2368,2	13000,0
Flörsheim 2	82,0	83,6	77,8	555,6	591,4	1255,3	11566,7
Wicker	81,6	77,4	75,4	200,0	717,6	1877,8	13800,0
Weilbach 1	80,1	82,3	82,7	372,7	960,8	305,9	12250,0
Weilbach 2	78,6	82,4	82,4	,0	,0	743,2	12250,0
Eddersheim	78,0	82,2	80,2	236,1	759,0	1190,7	10200,0
Okriftel	76,6	63,8	62,9	25,0	808,3	3154,6	6222,2
Hattersheim	78,8	66,8	66,8	,0	854,0	4297,3	8000,0
Bornheim	80,2	75,4	71,0	418,7	848,9	2680,3	19375,0
Seckbach	77,8	75,6	71,7	533,3	1037,0	2344,6	21000,0
Bergen-Enkheim	78,1	83,1	81,1	372,0	1043,9	925,1	23000,0
Rumpenheim/Waldheim	77,3	55,8	55,8	,0	892,5	3209,5	17000,0
Offenbach 1	72,6	69,6	69,6	,0	870,0	182,4	13000,0
Offenbach 2	83,1	77,6	77,6	,0	863,3	228,0	14000,0
Offenbach 3	74,5	68,1	68,6	333,3	913,9	653,2	13500,0
Offenbach 4	79,6	62,8	62,8	,0	870,0	1777,0	15000,0
Neu-Isenburg 1	76,6	83,0	80,4	372,9	650,9	927,1	10416,7
Neu-Isenburg 2	77,2	76,6	73,7	311,1	625,1	1361,9	11111,1
Zeppelinheim	77,1	80,0	77,8	583,3	691,2	1049,2	5777,8
Walldorf	76,4	78,0	71,4	776,7	836,3	2233,5	5750,0
Mörfelden 1	79,3	82,3	74,6	562,5	748,9	2723,5	7333,3
Mörfelden 2	78,2	84,7	78,8	670,5	748,1	1574,7	7062,0
Wixhausen	78,4	82,1	79,5	424,2	1076,4	1212,5	17238,6
Arheiligen	79,2	83,7	84,4	368,8	1067,5	386,6	19609,8
Darmstadt (Nord-Mitte)	77,5	70,4	68,3	600,0	793,0	3324,3	19000,0

Tabelle 4: Einteilung der Flugzeugtypen in Gruppen nach einfachem 9 Klassen- und differenziertem 21 Klassensystem

Flugzeuggruppe vereinfacht							Anzahl		
		Flugzeuggruppe Frankfurter System	Flugzeugtyp				1		
p		prop2	Flugzeugtyp	be3b			1		
				fk27			1		
				hs74			3		
				ju52			5		
		prop2(n)	Flugzeugtyp	at42			1		
				at72			1		
				dh8			5		
				dh8 3			4		
				fk50			1		
s1		s1	Flugzeugtyp	c9			1		
				dc 9			10		
		s1(2)	Flugzeugtyp	b7372			€0		
				tu34			12		
		s1(3_4)	Flugzeugtyp	b727			16		
				b7272			1€3		
				tu54			€9		
				tu54b			3		
				tu54m			1		
				yk42			3		
s2		s2	Flugzeugtyp	ba11			4		
				ba112			1		
				ba115			€8		
				fk70			1		
s3		s3(4)	Flugzeugtyp	b7471			7		
				b7472			8		
				b7474			1		
				il76			4		
				il86			22		
		s3(4)b	Flugzeugtyp	c17			10		
		s4		s4(4)	Flugzeugtyp	b7073			12
b747							2		
c130							2		
c135							20		
c137							1		
dc 8							6		
il76					5				
s4(4)a	Flugzeugtyp			c141			46		
				e8a			1		
				kc35			4		
s4(4)b	Flugzeugtyp	c5			128				
s5		s5h	Flugzeugtyp	a320			16		
				a321			10		
				b7373			9		
				b7374			15		
				b7375			4		
				ba462			1		
				s5m	Flugzeugtyp	b7271			2
						b7272			€0
		b7372					3		
		b757					6		
		b7572					2		
		lr35					1		
		md80			€1				
		md87			6				
s6		s6(2)	Flugzeugtyp	a300			23		
				a310			13		
				a330			2		
				b7672			10		
				b7673			18		
				b7772			6		
		s6(3_4)	Flugzeugtyp	dc10			€2		
				kc10			2		
				l1011			20		
				md11			14		
s7		s7	Flugzeugtyp	b7471			10		
				b7472			242		
				b7473			2		
				b7474			122		
s8		s8	Flugzeugtyp	a340			14		

Tabelle 5.1: Anzahl der Gesamt- Beschwerden für einzelne Ortslagen (34 Messpunkte) gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998 (Tag und Nacht)

		Flugzeuggruppen vereinfacht									Gesamt
		p	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Ortslage nach Messpunkten	Königstetten	,	1	1	1	6	1	1	10	,	21
	Bauschheim	,	1	,	1	2	3	1	6	,	14
	Rüsselsheim 1	,	,	,	,	12	1	4	8	,	25
	Rüsselsheim 2	,	,	,	,	,	1	1	7	,	9
	Rüsselsheim 3	,	,	,	,	1	2	2	2	,	7
	Rüsselsheim 4	,	,	,	,	1	1	2	1	,	6
	Raunheim 1	,	7	1	11	30	15	37	34	1	136
	Raunheim 2	,	1	,	1	19	2	2	5	,	30
	Raunheim 3	,	,	,	,	8	,	9	8	1	25
	Flörsheim 1	,	,	,	1	4	1	2	4	,	12
	Flörsheim 2	,	1	,	,	4	,	,	4	,	9
	Wicker	,	,	,	5	9	,	3	6	1	24
	Weilbach 1	,	,	1	,	4	4	2	,	,	11
	Weilbach 2	,	1	,	,	,	,	,	,	,	1
	Eddersheim	,	9	3	5	1	6	5	28	4	61
	Okriftel	1	2	,	,	,	7	2	4	,	16
	Hattersheim	,	2	,	,	,	1	,	,	,	3
	Bornheim	1	1	,	3	13	,	,	14	,	32
	Seckbach	,	,	,	,	6	2	1	3	,	12
	Bergen-Enkheim	,	,	,	7	3	,	,	10	4	24
	Rumpenheim/Waldheim	,	,	,	,	1	,	,	1	,	2
	Offenbach 1	,	2	,	,	,	,	1	1	,	4
	Offenbach 2	,	,	,	1	12	,	2	1	,	16
	Offenbach 3	,	,	,	,	2	2	2	3	,	9
	Offenbach 4	,	,	,	,	1	,	1	,	,	2
	Neu-Isenburg 1	1	4	,	2	5	2	7	26	1	48
	Neu-Isenburg 2	,	1	,	,	2	3	1	2	,	9
	Zeppelinheim	1	5	,	1	7	12	4	6	,	35
	Walldorf	8	5	1	2	1	2	3	8	,	30
	Mörfelden 1	4	11	,	,	2	1	1	5	,	24
	Mörfelden 2	2	228	50	10	55	72	35	96	,	548
	Wixhausen	,	19	5	1	3	8	1	29	,	65
	Arheiligen	,	8	1	,	7	2	1	21	1	41
	Darmstadt (Nord-Mitte)	,	,	,	,	,	,	,	1	,	1
Gesamt		22	318	64	52	227	156	140	376	14	1370

Tabelle 5.2: Anzahl der Tag- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998

		Flugzeuggruppen vereinfacht									Tabelle- Gesamt- wert
		p	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	
		Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	
Ortslagen nach Meßpunkten	Königstetten	,	1	1	,	4	,	,	1	,	7
	Bauschheim	,	1	,	1	2	3	1	6	,	14
	Rüsselsheim 1	,	,	,	,	8	1	3	6	,	13
	Rüsselsheim 2	,	,	,	,	,	,	1	4	,	5
	Rüsselsheim 3	,	,	,	,	1	,	2	,	,	3
	Rüsselsheim 4	,	,	,	,	,	1	2	1	,	4
	Raunheim 1	,	7	1	11	27	15	33	29	1	124
	Raunheim 2	,	1	,	1	15	2	2	3	,	24
	Raunheim 3	,	,	,	,	6	,	5	5	1	17
	Flörsheim 1	,	,	,	1	1	1	2	3	,	8
	Flörsheim 2	,	1	,	,	3	,	,	2	,	6
	Wicker	,	,	,	5	4	,	1	4	1	15
	Weilbach 1	,	,	1	,	2	1	2	,	,	6
	Weilbach 2	,	1	,	,	,	,	,	,	,	1
	Eddersheim	,	9	3	5	1	2	5	24	4	53
	Okriftel	1	1	,	,	,	2	,	3	,	7
	Hattersheim	,	2	,	,	,	,	,	,	,	2
	Bornheim	1	1	,	3	3	,	,	6	,	14
	Seckbach	,	,	,	,	2	,	1	,	,	3
	Bergen-Enkheim	,	,	,	7	2	,	,	4	4	17
	Offenbach 1	,	2	,	,	,	,	,	,	,	2
	Offenbach 2	,	,	,	1	6	,	2	1	,	10
	Offenbach 3	,	,	,	,	1	,	1	1	,	3
	Offenbach 4	,	,	,	,	,	,	1	,	,	1
	Neu-Isenburg 1	1	4	,	1	4	2	6	18	1	37
	Neu-Isenburg 2	,	1	,	,	2	2	1	1	,	7
	Zeppelinheim	1	5	,	1	4	9	3	2	,	25
	Walldorf	8	4	1	1	,	2	2	7	,	25
	Mörfelden 1	4	11	,	,	2	1	1	2	,	21
	Mörfelden 2	1	209	50	10	46	47	26	58	,	447
	Wixhausen	,	16	5	1	,	3	,	10	,	35
	Arheiligen	,	8	1	,	2	2	,	8	1	22
	Darmstadt (Nord-Mitte)	,	,	,	,	,	,	,	1	,	1
Tabelle	21	293	64	49	153	98	107	221	14	1020	

Tabelle 5.3: Anzahl der Nacht- Beschwerdefälle für einzelne Ortslagen gegliedert nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) aus den Jahren 1/1995 bis 5/1998

		Flugzeuggruppen vereinfacht							Gesamt
		p	s1	s3	s4	s5	s6	s7	
		Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe
Ortslagen nach Meßpunkten	Königstetten	,	,	1	2	1	1	9	14
	Rüsselsheim 1	,	,	,	4	,	1	2	7
	Rüsselsheim 2	,	,	,	,	1	,	3	4
	Rüsselsheim 3	,	,	,	,	2	,	2	4
	Rüsselsheim 4	,	,	,	1	,	,	,	2
	Raunheim 1	,	,	,	3	,	4	5	12
	Raunheim 2	,	,	,	4	,	,	2	6
	Raunheim 3	,	,	,	2	,	4	2	8
	Flörsheim 1	,	,	,	3	,	,	1	4
	Flörsheim 2	,	,	,	1	,	,	2	3
	Wicker	,	,	,	5	,	2	2	9
	Weilbach 1	,	,	,	2	3	,	,	5
	Eddersheim	,	,	,	,	4	,	4	8
	Okriftel	,	1	,	,	5	2	1	9
	Hattersheim	,	,	,	,	1	,	,	1
	Bornheim	,	,	,	10	,	,	8	18
	Seckbach	,	,	,	4	2	,	3	9
	Bergen-Enkheim	,	,	,	1	,	,	6	7
	Rumpenheim/Waldheim	,	,	,	1	,	,	1	2
	Offenbach 1	,	,	,	,	,	1	1	2
	Offenbach 2	,	,	,	6	,	,	,	6
	Offenbach 3	,	,	,	1	2	1	2	6
	Offenbach 4	,	,	,	1	,	,	,	1
	Neu-Isenburg 1	,	,	1	1	,	1	8	11
	Neu-Isenburg 2	,	,	,	,	1	,	1	2
	Zeppelinheim	,	,	,	3	3	1	4	11
	Walldorf	,	1	1	1	,	1	1	5
	Mörfelden 1	,	,	,	,	,	,	2	2
	Mörfelden 2	1	17	,	9	25	8	38	98
	Wixhausen	,	3	,	3	5	1	19	31
	Arheiligen	,	,	,	5	,	1	13	19
	Gesamt	1	23	3	74	58	32	153	345

Tab 6: Zusammenfassung flugbetriebstechnischer Daten aus den Beschwerdeprotokollen nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)

	Flugzeuggruppen vereinfacht									Gruppen gesamt
	prop2	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	
Anzahl	22	318	64	52	227	156	140	376	14	1370
max. Start- masse [t]	>5,7	≤100	≤100	>100	>100	<150	150-340	>340	nur Airbus A340	
Annex16,1					40					40
Annex16,2		278	63	41	14	3	1	5		405
Annex16,3		34			4	152	131	371	14	706
Typenpegel MW		80,6	78,8	81,5	84,8	72,3	74,3	77,6	74,0	78,5
mittlere Entf. zum Anwohner [m]	2611	1557	1468	1477	1288	1635	1413	1430	1005	1475
Mittlere Kursablage [m]		1132	988	882	1095	956	1110	741	417	979
Anzahl		202	43	28	79	79	60	175	6	673
Anz. ohne Kursab-lage	22	116	21	24	148	77	80	201	8	697
Bewegungsri- cht. „07“	5	39	7	23	78	48	38	118	6	362
Bewegungsri- cht. „25“	22	318	64	52	227	156	102	258	8	1008
Landung	4	7		5	61	13	24	51		165
Start	18	311	64	47	166	143	116	325	14	1205
Region Ost	3	13		14	53	22	20	77	6	208
Süd	15	272	58	13	69	85	41	161	1	715
West	4	26	6	25	102	45	77	131	7	424

Tab. 7: Anzahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) bei bestimmten Windgeschwindigkeiten

	Flugzeuggruppen vereinfacht									Gruppen gesamt
	prop2	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	
Windge- schw. Tag [m/s]										
0-2,4	1	24	6	2	11	4	7	20		75
2,5-4,9	10	62	11	12	39	20	24	61	5	244
5-7,4	5	62	18	17	44	28	28	56	5	263
7,5-9,9	3	47	14	10	24	18	26	35	2	179
10-12,4		57	4	4	27	16	10	31		150
12,5-14,9	1	23	5	1	7	5	3	4	2	50
15-17,4	1	6	3	1	1	5	7	6		30
17,5-19,9		10	2	2		1	2	6		23
>20		2	1			1		2		6
Windge- schw. Nacht [m/s]										
0-2,4					22	9	4	19		59
2,5-4,9	1	5		3	18	19	13	56		119
5-7,4		9			16	17	10	39		91
7,5-9,9		8			6	4	3	19		32
10-12,4					10	5		10		26
12,5-14,9		1			1		2	4		7
15-17,4					1	1		2		4
17,5-19,9						1		2		3
>20						1		2		3

Tab. 8: Zahl der Beschwerdefälle nach Flugzeuggruppen (vereinfacht) zu bestimmten Tageszeiten (6 Kategorien) und Darstellung der berechneten Überflugpegel Lmax nach Flugzeuggruppen (vereinfacht)

	Flugzeuggruppen vereinfacht									Gruppen gesamt
	prop2	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	
Zeit in 6 Kategorien										
0-3h		11			28	17	17	56		130
4-7h	1	10		2	31	21	7	30		102
8-11h	2	54	1	13	29	17	25	30	4	175
12-15h	3	119	49	12	39	29	48	70	7	376
16-19h	5	86	11	22	45	25	14	77	2	287
20-23h	11	36	3	3	55	47	28	111	1	295
Berechnete Schallpegel aus den erhobenen Daten										
Maximal- pegel beim Überflug										
Ohne Ablage	52,8	81,4	82,0	78,6	82,9	70,2	73,5	77,4	81,6	78,0
Mit Ablage	52,8	86,8	88,0	82,5	86,5	73,1	76,9	79,9	83,1	81,7

Tab.9: Startverhalten verschiedener Flugzeugklassen: Längsabstand zum Anrollpunkt und Flughöhe
z.B.: B727, Tu154

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S1(3/4)	0	40	0
	1900	80	0
	4900	80	460
	9600	80	920
	13000	110	990

z.B.: B767, A300

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S6-1	0	40	0
	1900	90	0
	4600	90	460
	8300	120	670
	12000	135	1030

z.B.: C141

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S4(4)a	0	40	0
	1700	80	0
	5200	80	460
	10400	80	920
	21400	135	1250

z.B.: C5

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S4(4)b	0	45	0
	2700	90	0
	8100	90	460
	17100	90	920
	26100	135	1190

z.B.: B747

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S7a	0	40	0
	1800	90	0
	5200	90	460
	15300	140	1080

z.B.: B747

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S7b	0	40	0
	2600	100	0
	7100	100	460
	21300	150	1140

z.B.: A340

Flugzeugklasse	Abstand vom Anrollpunkt [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Höhe [m]
S8	0	40	0
	2800	90	0
	7700	90	460
	18700	140	700

Tab. 10: Korrelationen zwischen Anzahl der Beschwerden und Belastungsparametern Leq und NAT70 der Wohnlagen der Beschwerdeführer über 32 Ortslagen

		Anzahl Beschwerde	Leq95Tag	Leq95Nacht	Leq98Tag	Leq98Nacht	NAT70Tag95	NAT7095Nacht	NAT7098Tagg	NAT7098Nacht
Anzahl	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N									
Leq95Tag	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,16 ,37 34,00								
Leq95Nacht	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,17 ,33 34,00	,98** ,00 34,00							
Leq98Tag	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,13 ,46 34,00	,99** ,00 34,00	,97** ,00 34,00						
Leq98Nacht	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,19 ,29 34,00	,97** ,00 34,00	,98** ,00 34,00	,97** ,00 34,00					
NAT7095Tag	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,04 ,84 34,00	,70** ,00 34,00	,65** ,00 34,00	,72** ,00 34,00	,63** ,00 34,00				
NAT7095Nacht	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,02 ,92 34,00	,71** ,00 34,00	,69** ,00 34,00	,74** ,00 34,00	,66** ,00 34,00	,91** ,00 34,00			
NAT7098Tag	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	-,01 ,96 34,00	,75** ,00 34,00	,71** ,00 34,00	,78** ,00 34,00	,68** ,00 34,00	,91** ,00 34,00	,95** ,00 34,00		
N7098Nacht	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,03 ,87 34,00	,71** ,00 34,00	,70** ,00 34,00	,74** ,00 34,00	,67** ,00 34,00	,72** ,00 34,00	,90** ,00 34,00	,92** ,00 34,00	

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.