

Automatisches Erhebungsverfahren für den Radverkehr in Krems an der Donau

Verfasser:

Michael Aleksa

Diplomarbeit für das Fachgebiet
VERKEHRSWESEN

Betreuung:

Gerd Sammer

o. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Michael Meschik

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.



Institut für Verkehrswesen
Universität für Bodenkultur

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>1</i>
1. Einleitung	3
1.1 Problemstellung und Ziele	3
1.2 Radverkehr in Österreich heute	3
2. Beschreibung der Zählstellen	5
2.1 Lage und Umgebung	5
2.1.1 Zählstelle 1 – Förthof.....	6
2.1.2 Zählstelle 2 – Thallern.....	6
2.1.3 Zählstelle 3 – Theiß	7
2.2 Technische Beschreibung des Radarstatistikgeräts SR 2 der Firma Sierzega	8
2.3 zeitlicher Ablauf	11
2.4 Probleme und Ausfälle der Geräte	11
2.4.1 Zählstelle 1 (Förthof)	13
2.4.2 Zählstelle 2 (Thallern)	14
2.4.3 Zählstelle 3 (Theiß).....	15
3. Videobeobachtung der Zählstellen	16
3.1 Vorarbeiten	16
3.1.1 Standortwahl	16
3.1.2 Einmessen der Standorte.....	17
3.1.3 Markierung des Radweges.....	17
3.2 Videoaufnahmen	18
3.3 Auswertung der Videoaufnahmen	19
3.3.1 Auswertung nach der Anzahl der Verkehrsteilnehmer.....	19
3.3.2 Auswertung nach der Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer	22
4. Abgleich der Daten des Radargeräts und der Videobeobachtung	27
4.1 Abgleich bezüglich der Anzahl	27
4.1.1 Art der Verkehrsteilnehmer	27
4.1.2 Anordnung der Verkehrsteilnehmer	28
4.1.3 Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer	33
4.1.4 Uhrzeit	34
4.2 Abgleich bezüglich der Geschwindigkeit der Radfahrer	40
5. Korrekturfaktoren am Beispiel der Zählstelle 1, Förthof	42
5.1 Korrekturfaktoren für die Anzahl	42
5.2 Korrekturfaktor für die Geschwindigkeit	53
5.2.1 Richtung zum Gerät.....	53
5.2.2 Richtung vom Gerät.....	56
5.2.3 Berechnungsbeispiel für die Geschwindigkeit	59
6. Kennwerte der Zählstellen Thallern und Theiß	60
6.1 Zählstelle 2 (Thallern)	60
6.2 Zählstelle 3 (Theiß)	62

7. Korrekturfaktoren der Anzahl in der Praxis	64
7.1 Tagesganglinien	64
7.2 Monatsganglinie	66
8. Verbesserung der Daten des Radargerätes	72
8.1 Anzahl	72
8.2 Geschwindigkeiten	74
9. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis	77
9.1 Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der Anzahl	77
9.2 Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der Geschwindigkeit	78
10. Zusammenfassung	79
11. Quellenverzeichnis	81
12. Abbildungsverzeichnis	82
13. Tabellenverzeichnis	84
Anhang	86
A.) zeitlicher Ablauf und Ausfälle der Zählgeräte	86
B.) Verkehrsmengen der drei Zählstellen	88
B1.) Zählstelle 1 (Förthof)	88
B2.) Zählstelle 2 (Thallern)	94
B3.) Zählstelle 3 (Theiß).....	100
C.) Geschwindigkeitsverteilungen der drei Zählstellen	107
C 1.) Zählstelle 1 (Förthof)	107
C 2.) Zählstelle 2 (Thallern)	108
C 3.) Zählstelle 3 (Theiß).....	109

1. Einleitung

1.1 Problemstellung und Ziele

Das Amt der Niederösterreichischen Landesregierung ist bemüht, den Radverkehr in Niederösterreich zu fördern und die Voraussetzungen zu verbessern. Aus diesem Grund wurden Ende November 2000 drei Dauerzählstellen für Radverkehrszählungen installiert. Im Rahmen ihrer Diplomarbeit suchte Hermine Zeitlhofer [Zeitlhofer 2001] geeignete Geräte und Standorte im Raum Krems aus. Ihre Aufgabe war es, die Messgeräte zu betreuen und den Probebetrieb zu dokumentieren.

Die Zählgeräte sollen Datengrundlagen über die Verkehrsmengen und tageszeitlichen Ganglinien des (touristischen) Radverkehrs am Donauradweg im Bereich Krems a. d. Donau liefern.

Ziel dieser an die Arbeit von Zeitlhofer anschließenden Diplomarbeit war es, die drei installierten Dauerzählgeräte zu überwachen, die Messergebnisse regelmäßig auszulesen und weiterzubearbeiten. Die aufgezeichneten Daten der Radargeräte wurden mittels begleitender Videobeobachtung stichprobenartig überprüft. Die zentrale Aufgabe war die Erstellung von Korrekturfaktoren zur Eichung der Geräte für die zukünftige automatische Auswertung der Messdaten; dabei wurden die erfassten Verkehrsteilnehmer den Kategorien: Radfahrer, Fußgänger, Jogger, Inlineskater und Kraftfahrzeuge zugeordnet.

1.2 Radverkehr in Österreich heute

Als Sportgerät und als städtisches Verkehrsmittel erlebt das Fahrrad seit einigen Jahren einen starken Aufschwung, denn Rad fahren ist gesund und hält fit.

Laut Untersuchungen des Verkehrsclubs Österreich [VCÖ 03/2002], wird in einigen Ländern wie etwa den Niederlanden oder der Schweiz im Durchschnitt mehr Rad gefahren als in Österreich, wo im Schnitt pro Person und Jahr nur 194 km zurückgelegt werden. Deshalb sollte in Österreich der Radverkehr noch mehr gefördert werden als bisher, weil damit die volkswirtschaftlichen Krankheitskosten und Teile der Verkehrskosten (Umwelt- und Staukosten) sinken würden. Ein höherer Radverkehrsanteil, vor allem bei den kürzeren Wegen, erhöht die Verkehrssicherheit

für Radfahrer, da sie im Straßenbild stärker wahrgenommen werden und die Rücksichtnahme und das Verständnis steigen würden. Das Radfahren senkt dadurch die Unfallschwere bei Verkehrsunfällen in Summe, das heißt, die Anzahl der Menschen, die schwerverletzt oder getötet werden, verringert sich und die Lärm- und Schadstoffbelastung sinken.

Bei Kurzstrecken ermöglicht das Rad ein schnelleres Vorankommen, weil der Stau und die oft zeitraubende Parkplatzsuche entfällt. Zudem stärkt mehr Radverkehr auch die Nahversorgung und die regionale Wirtschaft, außerdem wird das Ortsbild verschönert (weniger KFZ).

In der Freizeit – zum Beispiel bei Radausflügen - werden mit dem Rad meist längere Strecken gefahren, dabei überwiegt die sportliche Betätigung an der frischen Luft und nicht der Nutzen des schnellen Vorankommens. [VCÖ 03/2002]

Auf dem Donauradweg bei Krems ist Freizeitverkehr der dominierende Verkehrszweck, wobei die Zählstelle 1 (Förthof) zusätzlich einen Anteil an Einkaufs- und Berufsverkehr hat, da sie in der Nähe von verbautem Gebiet liegt.

Aus all diesen angeführten Gründen sollen auch die Verkehrsmengen der Radfahrer nicht nur anteilmäßig, sondern auch in absoluten Zahlen gemessen werden, wie es beim Straßenverkehr schon jahrelang üblich ist. Durch diese wichtigen Grundlagendaten kann zur Radverkehrsförderung die unterschiedlichen Radfahranlagen individuell verbessern und geeignete Maßnahmen setzen.

In Österreich hat man mit Radargeräten, die den Radverkehr zählen, wenig Erfahrung, sodass der in dieser Arbeit untersuchte Prototyp der Firma Sierzega in der Praxis auf seine Genauigkeit überprüft werden muss. Die optimale Form zur Kontrolle der aufgezeichneten Radardaten liefert die Videobeobachtung, weil man damit die Art der Verkehrsteilnehmer, deren Anzahl, Geschwindigkeit und Anordnung festhalten kann.

2. Beschreibung der Zählstellen

2.1 Lage und Umgebung

Die drei ausgewählten Standorte liegen im Umkreis von Krems a. d. Donau am Donauradweg. Krems ist ein Knotenpunkt für Radfahrer in Niederösterreich, da sich dort einige Radwanderwege (blau markiert in der Abb. 1) kreuzen beziehungsweise anfangen:

- der Donauradweg Passau- Wien
- der Kamptalweg
- der Kremstalweg

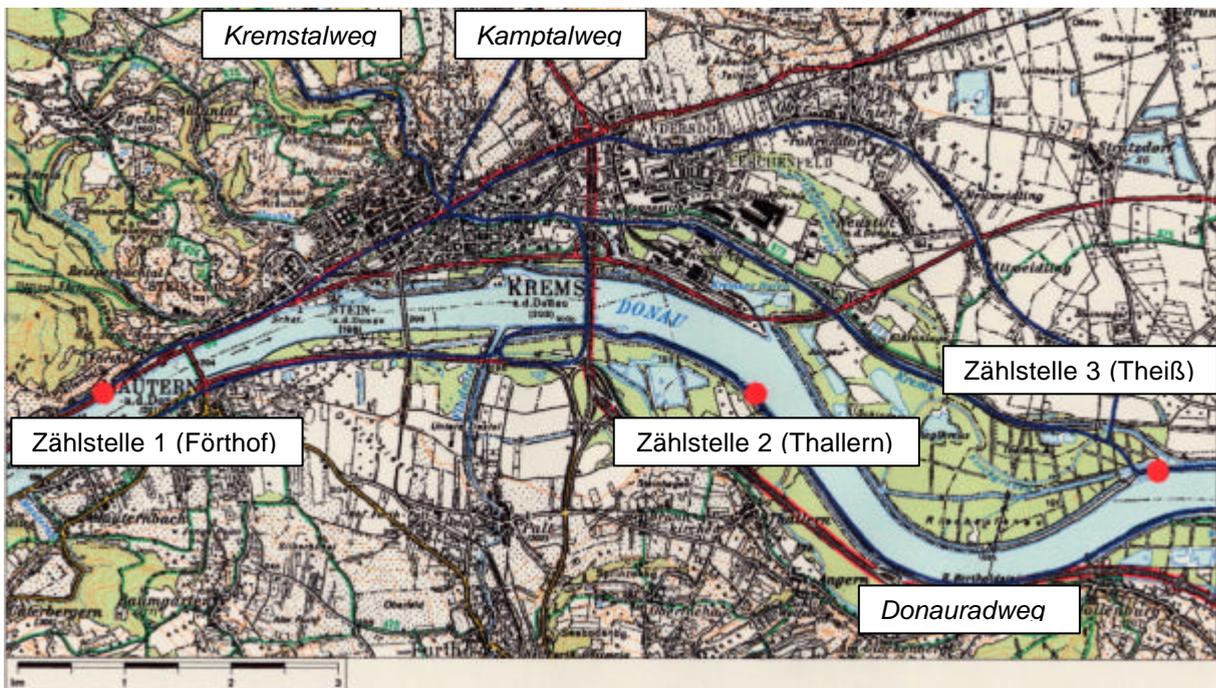


Abbildung 1: Standorte der Zählstellen

2.1.1 Zählstelle 1 – Förthof

Die einzige westlich der Stadt liegende Zählstelle befindet sich am linken Ufer der Donau etwa 4,5 km stromauf zur Donaubrücke in Krems. An dieser Stelle wird der Donauradweg direkt neben der Bundesstraße B3 geführt. Noch weiter oberhalb des kombinierten Fuß- und Radweges befindet sich die Trasse der Bahn am Fuße des Pfaffenbergs in der Katastralgemeinde Stein.

Der Radweg verläuft im Bereich der Zählstelle eben und die Breite beträgt 2,4 m. Das Zählgerät ist zwischen Straße und Radweg aufgestellt worden, zeigt in Richtung donauaufwärts und zielt genau auf eine etwa 2,2 m hohe Stützmauer der Bahn (Abb. 2). Die Richtung „zum Radargerät“ ist daher donauabwärts.



Abbildung 2: Zählstelle 1 (Förthof), Blickrichtung donauaufwärts

2.1.2 Zählstelle 2 – Thallern

Südlich beziehungsweise am rechten Ufer der Donau etwa 1,7 km östlich der Donaubrücke steht die zweite Zählstelle. Sie befindet sich in der Katastralgemeinde Thallern. Der donaubegleitende Radweg – rechtlich gesehen ein Fahrverbot ausgenommen Radfahrer wie auch Zählstelle 3 (Theiß) - wird an dieser Stelle auf

einem etwa 4 m hohen Damm geführt, ist in Längsrichtung horizontal und hat dort eine Breite von 3,05 m (Abb. 3).

Das Radargerät zeigt in Richtung donauabwärts (=“vom Gerät“) in die offene Vegetation.



Abbildung 3: Zählstelle 2 (Thallern), Blickrichtung donauabwärts

2.1.3 Zählstelle 3 – Theiß

Am linken Ufer der Donau befindet sich die dritte Zählstelle in der Katastralgemeinde Theiß. Zwischen Fluss und Auwald postiert ist es die Stelle mit dem größtem Überschwemmungsrisiko, da sie nur etwa zwei Meter über dem normalen Wasserspiegel liegt. Der 3,1 m breite und gerade verlaufende Weg ist die Verlängerung des linksufrigen Donauradweges, der durch die Theißer Au und hier wieder längs der Donau verläuft (Abb. 4).

Das Radargerät wurde in Richtung donauaufwärts (=“vom Gerät“) aufgestellt. Ebenso wie bei der Zählstelle 2 verläuft der Radarstrahl ins offene Gelände, das nach zirka 50 Metern in einen Auwald übergeht.



Abbildung 4: Zählstelle 3 (Theiß), Blickrichtung donauabwärts

2.2 Technische Beschreibung des Radarstatistikgeräts SR 2 der Firma Sierzega

Das in der Diplomarbeit von Frau Hermine Zeitlhofer ausgewählte Radargerät überwacht ein schmales Band (Öffnungswinkel der Radarstrahlen in etwa 12 Grad) auf dem Radweg. Es misst die Geschwindigkeit und Länge sich vorbeibewegender Objekte unter Ausnutzung des Dopplereffekts. Die vom Radargerät ausgesendete Welle (Sendefrequenz $f=24\text{GHz}$) wird an den sich bewegenden Messobjekten reflektiert. Bei einer Bewegung zum Gerät wird dabei die Frequenz der reflektierten Welle verkleinert, bei einer Bewegung in die entgegengesetzte Richtung wird sie vergrößert. Somit handelt es sich bei der Auswertung des Dopplersignals um eine Frequenzmessung. Diese wird in der Software des Microcontrollers als FFT-Analyse durchgeführt (Fast Fourier Transformation). Je länger ein Objekt ist, desto mehr Dopplerimpulse kommen zum Radargerät zurück. Somit ist neben einer Geschwindigkeitsmessung auch eine Längenmessung möglich [Sierzega per E-Mail 07/2001].

Ein Fahrrad wird mit 2 m Länge definiert. Für jeden zusätzlichen Meter wird ein zusätzlicher Datensatz im Protokoll aufgezeichnet.

Das Fahrradmesssystem erfasst die Radwegbenutzer in beiden Richtungen, wobei es keinen Unterschied zwischen Fußgängern, Joggern oder Inline-Skatern machen

kann. Die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmergruppen können aber grob über die Geschwindigkeit unterschieden werden. Durch die Messanordnung (von der Seite) werden nebeneinander fahrende Verkehrsteilnehmer nicht korrekt erfasst. Das Gerät speichert jede einzelne „Bewegung“ mit Datum, Uhrzeit, Richtung und Geschwindigkeit (Abb. 5). Es können bis zu 309.000 Datensätze gespeichert werden, aber nach höchstens 40 Tagen werden die Daten überschrieben. [Sierzega, Handbuch] Die Geräte werden mit Solarenergie betrieben, um sie von externen Stromquellen unabhängig zu machen. Die Solarzellen laden eine 6 Volt Batterie bei Sonnenschein auf, die dann bei bedecktem Himmel beziehungsweise bei Nacht trotzdem die Energieversorgung für die nächsten Tage garantiert. Die Betriebstemperatur liegt zwischen -20 und $+60$ Grad Celsius, welche als ausreichend gilt, da in Österreich die Temperaturschwankungen zwischen Winter und Sommer (Aufheizung des Geräts infolge von direkter Sonneneinstrahlung) in etwa diesem Bereich liegen.

	01.05.2001	09:25	-31
	01.05.2001	09:26	22
	01.05.2001	09:26	30
	01.05.2001	09:27	25
	01.05.2001	09:27	25
	01.05.2001	09:27	22
	01.05.2001	09:27	-18
	01.05.2001	09:28	-27
	01.05.2001	09:28	-27
	01.05.2001	09:30	27
	01.05.2001	09:30	28
	01.05.2001	09:32	-25
	01.05.2001	09:32	-27

Abbildung 5: Darstellung der aufgezeichneten Radardaten in MS Excel

Nach Aufgliederung der Datensätze in einzelne Stundenkilometer konnte man erst sehen, dass jeder dritte Geschwindigkeitswert (8,11,14,17,... km/h) fehlt, was laut Fa. Sierzega durch die Aufstellungsart (45° zum Weg), durch mathematische Ursachen (sin und cos Funktionen bei der Berechnung der Differenzfrequenz zwischen Sendee- und Reflexionssignal) und durch den Dopplereffekt bedingt ist (siehe Abb. 46) [Sierzega, mündliche Auskunft per Telefon].

Das Statistikgerät SR2 umfasst die Radareinheit zur Erfassung der Messgrößen, weiters den eingebauten Akku mit Tiefentladeschutz. Der Schaltschrank (Abb. 6)

(Abmessung: 400/400/200 mm (B/H/T) ist doppelt versperrbar, auf einer Stange in Bodennähe befestigt, und steht in einem Winkel von 45 Grad zur Radwegachse (Abb. 7).

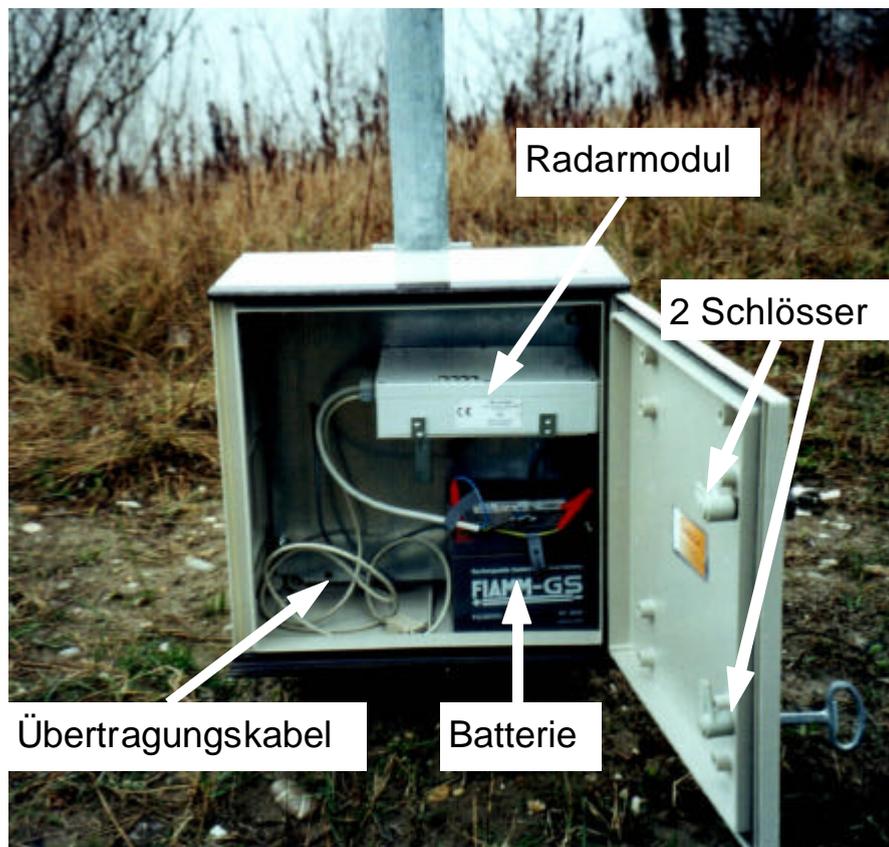


Abbildung 6: Detailansicht der Radareinheit

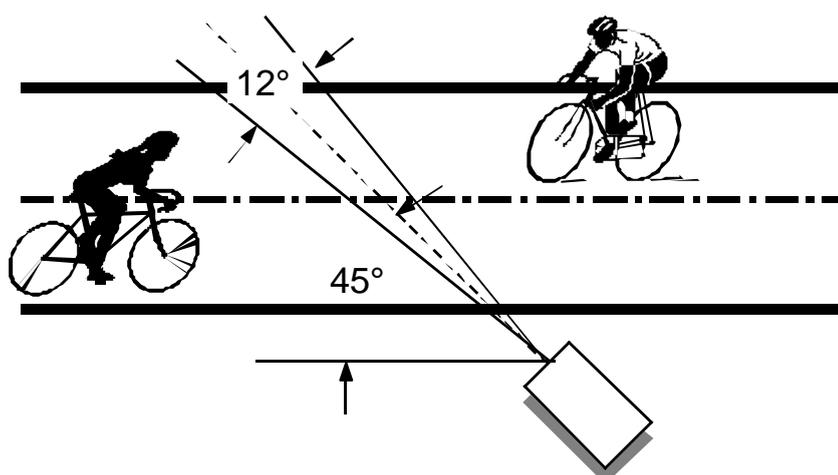


Abbildung 7: Messbereich des Radargerätes

Zum Auslesen der Daten wird ein Handgerät verwendet, das über eine serielle Schnittstelle RS-232 mit dem Radargerät verbunden wird. Die binären Daten werden dann mittels einer speziellen Software der Firma Sierzega auf einen Computer

überspielt und in Textdateien umgewandelt, sodass sie dann in gängigen Programmen (z.B. SPSS oder Excel) verwendet werden können.

2.3 zeitlicher Ablauf

Mitte April 2001 übergab Hermine Zeitlhofer die drei Zählstellen an mich. Jedes Monat mussten die Daten ausgelesen werden (siehe Kapitel 2.2), dabei wurden jedes Mal die Funktion der Batterie beziehungsweise etwaige Beschädigungen kontrolliert.

Die Videobeobachtung wurde zwischen Ende August und Anfang Oktober 2001 durchgeführt (siehe Tab. 2, 3, 4).

Die letzte Kontrolle und Ablesung fand am 1. August 2002 statt und Anfang September übernahm das Zivilingenieurbüro Snizek (Bearbeiter H. Schachenhofer) die Schlüssel wie auch das Handgerät. Ein genauerer Zeitplan mit allen wichtigen Terminen sind im Anhang A zu finden.

2.4 Probleme und Ausfälle der Geräte

Diese Zählgeräte sind Prototypen und weisen daher noch einige Fehler auf: Häufigster Grund für Ausfälle während längerer Perioden war die zu geringe Stromversorgung - vor allem im Winter. Es wurde deutlich, dass eine Batterie pro Zählgerät ein zu geringer Puffer für Tage ohne Sonne ist. Die von der Fa. Sierzega angegebene Zeitspanne von neun Tagen ohne Sonne, die ohne Probleme zu bewältigen sein müsste, schafft eine Batterie nicht. Durch diese im Winter 2001/2002 gewonnene Erfahrung wurden Mitte März 2002 die drei Zählgeräte auf jeweils drei Batterien aufgerüstet, die seit 11. April wieder an ihrem Standort stehen und zählen. Ein weiteres Problem stellen die häufigen Übertragungsschwierigkeiten einerseits vom Radargerät zum Handgerät, andererseits die Umwandlung einer vom Radargerät ausgelesenen bik- Datei in eine txt- Datei dar. Die genauen Gründe dafür konnten nicht herausgefunden werden. Eine Vermutung ist allerdings, dass der Fehler einmal am Handgerät lag und in den anderen Fällen die aufgezeichneten Daten aufgrund einer fehlerhaften Schleife in der Software nicht umgewandelt werden konnten, sodass auch in diesen Fällen die Daten nicht vorhanden sind. Bei der Zählstelle 3 (Theiß) war der Grund für den Datenausfall von 1½ Monaten im Frühjahr 2001 ein fehlerhafter Chip. Nach einiger Zeit erst konnte der Ausfall dieses

Gerätes festgestellt werden, der nach 2 Wochen durch den Austausch des Chips behoben wurde.

Zusammenfassend waren die Hauptgründe der hohen Ausfallsquote folgende:

- keine Funktion der Batterie
- Umwandlungsprobleme von den ausgelesenen bik-Dateien in txt-Dateien zur Darstellung und Weiterbearbeitung am PC
- Übertragungsprobleme beim Auslesen der Daten zwischen Radargerät und Handgerät
- Chipfehler

Durch diese oben genannten Probleme gibt es eine große Zahl an Ausfallstagen, die in Summe etwa 45% im Zeitraum von März 2001 bis Juli 2002 ausmachen. Allerdings war der größte Teil dieser Ausfälle auf den Winter beschränkt, was aber durch die geringe Benützung der Radwege zu dieser Jahreszeit keinen großen Verlust an Datensätzen ausmachte. Im Sommer war die Ausfallsquote viel geringer (siehe Tab. 1 und Abb. 8, 9, 10). Die grafische Darstellung der Ausfallstage beziehungsweise die Gründe dafür sieht man in den folgenden Kapiteln 2.4.1 bis 2.4.3.

Tabelle 1: Ausfälle der Radargeräte im Zeitraum von März 2001 bis Juli 2002 und in den Sommermonaten

Ort	Anzahl der Tage im gesamten Zeitraum (März 2001 bis Juli 2002)	Tage mit vorhandenen Daten		Ausfallstage	Ausfälle in % der Tage
		Daten	Ausfallstage		
Förthof (1)	518	303	215		41,51
Thallern (2)	518	268	250		48,26
Theiß (3)	518	267	251		48,46
Anzahl der Tage im Sommer 2001 (April bis September)					
Förthof (1)	183	153	30		16,39
Thallern (2)	183	149	34		18,58
Theiß (3)	183	116	67		36,61
Anzahl der Tage im Sommer 2002 (April bis Juli)					
Förthof (1)	122	112	10		8,20
Thallern (2)	122	83	39		31,97
Theiß (3)	122	55	67		54,92

Legende:

	Daten vorhanden
	Geräteausfall → keine Daten
	Demontage bzw. Montage der Geräte durch Fa. Sierzega
	Kontrolle der Messgeräte
	Videobeobachtung

2.4.1 Zählstelle 1 (Förthof)

Bei dieser Zählstelle fiel das Gerät von September 2001 bis Mitte April 2002 nahezu vollständig aus – Hauptgrund dafür: Ausfall der Batterie.

März 2001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

April

Überschreibung der Daten durch Vergessen des Löschens

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Mai

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

September

nicht in txt umwandelbar

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Oktober

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

November

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Dezember 2001

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Jänner 2002

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Februar

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

März

Gerät von der Fa. Sierzega mitgenommen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

April

Gerät von der Fa. Sierzega mit 3 Batterien montiert

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Mai

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

August 2002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Abbildung 8: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 1 (Förthof)

2.4.2 Zählstelle 2 (Thallern)

Auch bei dieser Stelle fiel das Gerät von September 2001 bis Mitte April 2002 fast vollständig aus – Hauptgrund wieder: Ausfall der Batterie. Ab der zweiten Maihälfte 2002 bis Ende Juni 2002 zeichnete das Gerät fehlerhafte Datensätze auf. Teilweise gab es an manchen Tagen überhaupt keine Daten, wobei zu dieser Zeit sicher Radwegbenutzer unterwegs waren. Auch wenn in der genannten Zeitspanne an manchen Tagen Daten vorhanden sind (weißes Kästchen), sind diese nicht vollständig, da es auch stundenweise untertags überhaupt keine Datensätze gibt.

März 2001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

April

Überschreibung der Daten durch Vergessen des Löschsens

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Mai

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juli *Reparatur durch Fa. Sierzega (nicht in txt umwandelbar)*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

September

Übertragungsprobleme (nicht in txt umwandelbar)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Oktober

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

November

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Dezember 2001

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Jänner 2002

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Februar

keine Funktion der Batterie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

März

Gerät von der Fa. Sierzega mitgenommen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

April *Gerät von der Fa. Sierzega mit 3 Batterien montiert*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Mai

fehlerhafte Daten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juni

fehlerhafte Daten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juli

fehlerhafte Daten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

August 2002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Abbildung 9: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 2 (Thallern)

2.4.3 Zählstelle 3 (Theiß)

Im Frühjahr 2001 gab es knappe zwei Monate einen Ausfall durch einen Chipfehler. Ab September 2001 bis Mitte April 2002 war eine große Anzahl an Ausfallstagen zu beobachten, wobei die Batterie im Dezember 2001 und Jänner 2002 wieder, im Gegensatz zu den beiden anderen Zählstellen, funktionsfähig war. Ab Juni 2002 bis zur Übergabe des Gerätes an die Fa. Snizek sind keine Daten vorhanden, da keine Verbindung zwischen Radargerät und Handgerät hergestellt werden konnte und daher kein Auslesen möglich war.

März 2001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Chipfehler

Mai

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Chipfehler

Juni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Austausch des Chips durch Fa. Sierzega

Juli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

August

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

September

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Übertragungsprobleme (nicht in txt umwandelbar)

Oktober

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

keine Funktion der Batterie

November

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

keine Funktion der Batterie

Dezember 2001

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

keine Funktion der Batterie

Jänner 2002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Februar

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

keine Funktion der Batterie

März

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Gerät von der Fa. Sierzega mitgenommen

April

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Gerät von der Fa. Sierzega mit 3 Batterien montiert

Mai

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Juni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

kein Datentransfer zwischen Handgerät und Radargerät

Juli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

kein Datentransfer zwischen Handgerät und Radargerät

August 2002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

kein Datentransfer zwischen Handgerät und Radargerät

Abbildung 10: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 3 (Theiß)

3. Videobeobachtung der Zählstellen

Die Videobeobachtung wurde gewählt, um die Messungen des Radargerätes mit der Realität zu vergleichen. Folgende Punkte kann man dabei bestimmen:

- Modal Split der Radwegbenützer (Radfahrer, Fußgänger, Jogger, Inlineskater, Auto,...)
- Kontrolle der Messgenauigkeit (Geschwindigkeit, Anzahl)
- Prozentuelle Verteilung der Radwegbenützern innerhalb von Geschwindigkeitsklassen.
- Gruppenbildung bei Radfahrern

3.1 Vorarbeiten

3.1.1 Standortwahl

Zuerst musste man einen geeigneten Standort für die Videokamera finden, wo man den Messbereich des Radargerätes im Blickfeld hatte.

➤ Zählstelle 1 (Förthof)

Hier gab es erstmals Probleme aufgrund von beengten Platzverhältnissen, auf der einen Seite die vielbefahrene Bundesstraße und auf der anderen Seite eine etwa 2,20 m hohe Trockenmauer. Durch die Führung der Bahntrasse an diesem Hang musste die Videokamera in einer Höhe von 6 m und in einer Entfernung von 5.80 m, horizontal gemessen von der Mitte des Radweges, aufgestellt werden.

➤ Zählstelle 2 (Thallern)

Der Radweg befindet sich auf einem 7 m breiten Damm, daher gab es nicht die Möglichkeit sich in großer Entfernung aufzustellen. Das Bestmögliche war die Videokamera auf der donauseitigen Böschung in einer Entfernung von 6.75 m und 1 m über dem Radweg aufzubauen, um die Kamera auch noch einrichten zu können.

➤ Zählstelle 3 (Theiß)

Die einzige Möglichkeit zum Kameraaufbau war die Seite entlang der Au, da hier der Radweg knapp neben der Donau geführt wird. Die oben genannten Probleme bezüglich des Abstandes gab es aufgrund des ebenen Geländes nicht.

3.1.2 Einmessen der Standorte

Bei jedem Radargerät wurde der genaue Standort der Videokamera eingemessen, um die Geometrie exakt wiederherstellen zu können, da an verschiedenen Wochentagen und zu verschiedenen Zeiten gefilmt wurde. Die Lage wurde mittels Pflock mit Nagel markiert und die Höhe der Kamera über Pflock eingemessen.

3.1.3 Markierung des Radweges

Um die Fahrspur der Radwegbenützer am Video festzustellen, wurde der Weg mit wasserunlöslichem Spray markiert. Alle 30 Zentimeter wurde von der Mitte aus ein Längsstrich gezogen (Abb. 11). Eine Markierung quer zur Fahrtrichtung wurde nicht angebracht um die Radwegbenützer nicht abzulenken, was möglicherweise zu einem verfälschten Geschwindigkeitsniveau auf freier Strecke geführt hätte.

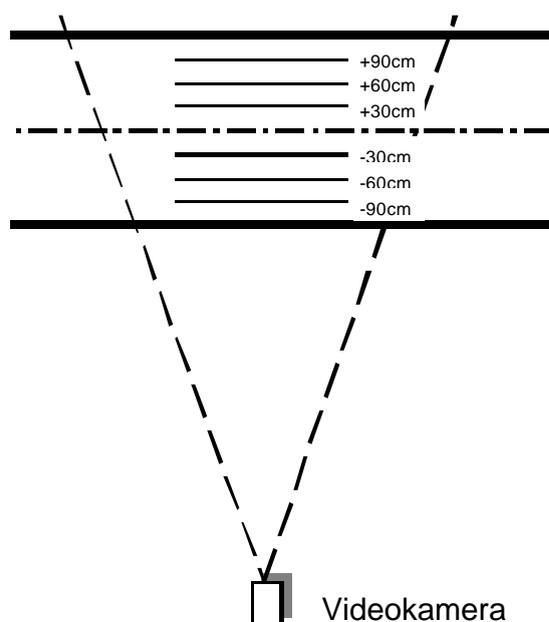


Abbildung 11: Markierungen am Radweg

3.2 Videoaufnahmen

Der Großteil der Videoaufnahmen erfolgte bei der Stelle Förthof (siehe Tab. 2), weil dies der meistbefahrene Radweg ist. Zur groben Kontrolle der Messungen des Radargerätes wurden auch je vier Stunden bei den anderen beiden Stellen gefilmt (Tab. 3 und 4). Welcher Wochentag genommen wurde war eher sekundär, da vor allem das gute Wetter und dadurch eine erhoffte große Anzahl an beobachteten Verkehrsteilnehmern wichtiger waren.

Die Aufnahme konnte leider erst Ende August 2001 in Angriff genommen werden, da alle institutseigenen Videokameras für ein großes Projekt im Sommer gebraucht wurden.

Tabelle 2: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 1 (Förthof)

Wochentag	Datum	Uhrzeit	Stunden
Donnerstag	23. 8. 2001	10.20 – 13.20 h	3
Dienstag	28. 8. 2001	09.45 – 15.15 h	5,5
Freitag	31. 8. 2001	09.50 – 12.50 h	3
Donnerstag	27. 9. 2001	14.10 – 14.40 h	0,5 ¹
Sonntag	7. 10. 2001	12.30 – 17.00 h	4,5
		Summe:	16,5

Tabelle 3: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 2 (Thallern)

Wochentag	Datum	Uhrzeit	Stunden
Dienstag	4. 9. 2001	12.05 – 13.25 h	1 ²
Freitag	5. 10. 2001	14.20 – 17.20 h	3

Tabelle 4: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 3 (Theiß)

Wochentag	Datum	Uhrzeit	Stunden
Dienstag	4. 9. 2001	10.10 – 11.10 h	1
Samstag	6. 10. 2001	14.15 – 17.15 h	3

Innerhalb des Blickfeldes der Kamera wurden zur Geschwindigkeitsmessung zwei Punkte in der Mitte des Radweges markiert, die durch zwei lotrecht aufgestellte Signalstangen kurz am Video sichtbar gemacht wurden. Diese Fluchtstäbe dienen bei der Geschwindigkeitsmessung zur Markierung der zurückgelegten Strecke.

¹ Das Radargerät lieferte an diesem Tag nur für diesen Zeitraum Daten zum Vergleich.

² 20 min Pause der Videoaufnahme aufgrund eines heftigen Regenschauers.

3.3 Auswertung der Videoaufnahmen

Insgesamt wurden 24,5 Stunden Videoaufnahme ausgewertet. Dies gestaltete sich mühsam und zeitaufwendig. Wenn man eine längere Periode mittels Video beobachten möchte, so empfiehlt sich die automatische Auswertung mit dem Softwareprogramm „Viva Traffic“, das allerdings einen größeren Aufwand beim Einmessen der Standorte bedingt.

3.3.1 Auswertung nach der Anzahl der Verkehrsteilnehmer

Bei jedem Radwegbenutzer, welcher am Video erkennbar war, wurde die Uhrzeit (Stunde, Minute und Sekunde) notiert um so die Vergleichbarkeit mit der Radaraufzeichnung zu gewährleisten. Außerdem wurde noch die Fahrtrichtung, die Art des Verkehrsteilnehmers und die Anordnung beziehungsweise die relative Lage zu den anderen Benutzern aufgezeichnet.

➤ Fahrtrichtung:

Bei einer Bewegung zu dem unter 45 Grad geneigten Radargerät wird die Geschwindigkeit mit positivem Vorzeichen aufgezeichnet. Im anderen Fall ergibt dies eine negative Geschwindigkeit. Klassifizierung:

- zum Gerät
- vom Gerät

➤ Art des Verkehrsteilnehmers:

- Radfahrer
- Fußgänger
- Inlineskater
- Jogger
- Auto

➤ Anordnungen der Verkehrsteilnehmer:

Klassifizierung nach selbst definierten Kriterien:

- nebeneinander (Räder nebeneinander bis zur Hälfte der Radlänge versetzt); siehe Abb. 12

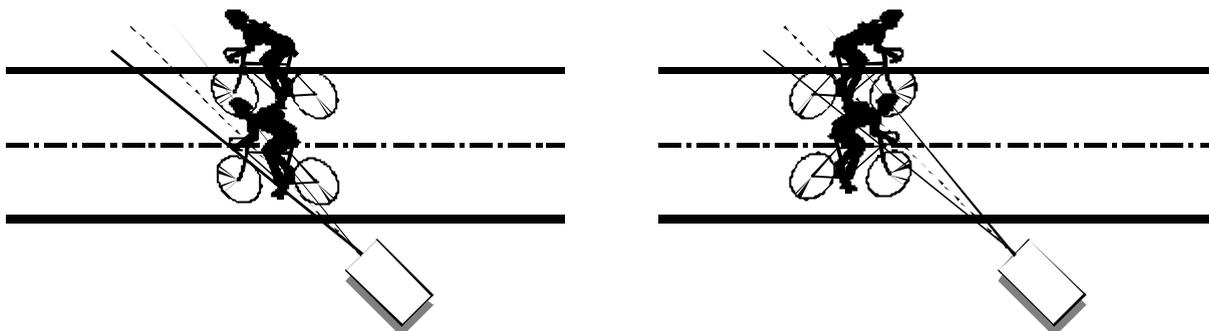


Abbildung 12: Anordnung "nebeneinander"

- versetzt (Hälfte der Radlänge versetzt bis gerade noch eine Überdeckung vorhanden); siehe Abb. 13. Obwohl die unteren zwei Fälle offensichtlich unterschiedlich von der Radarzählung erfasst werden, wurden sie nicht getrennt behandelt.

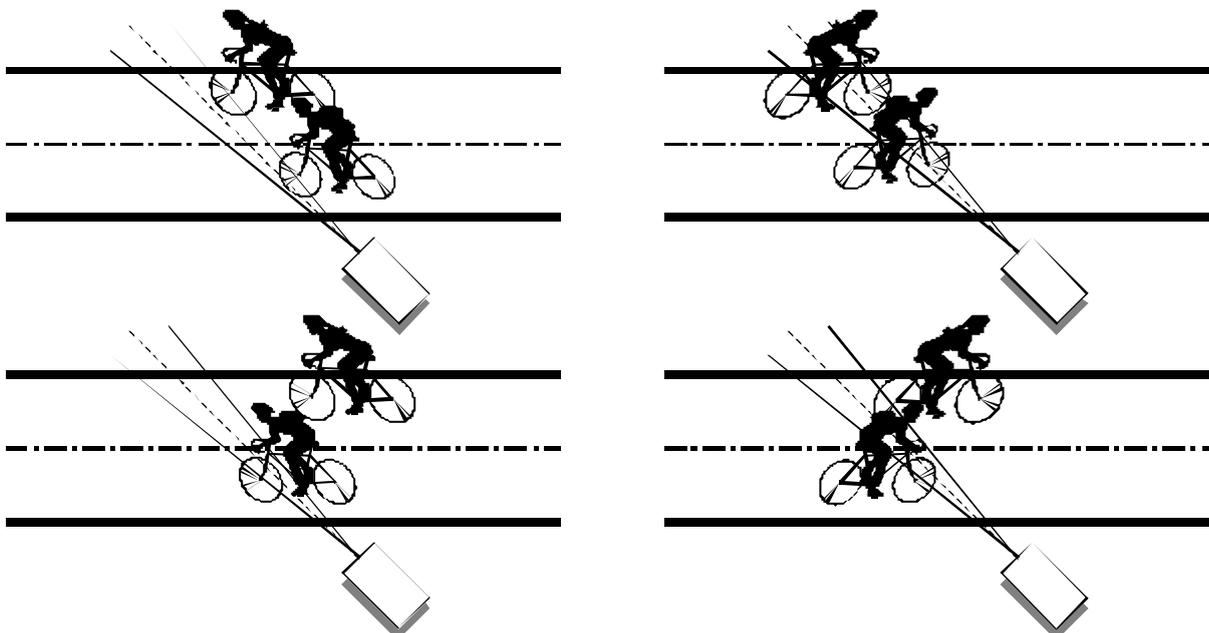


Abbildung 13: Anordnung "versetzt"

- Null bis kleiner gleich 2 Meter (Abstand zwischen Hinterradende bis Vorderradanfang); siehe Abb. 14

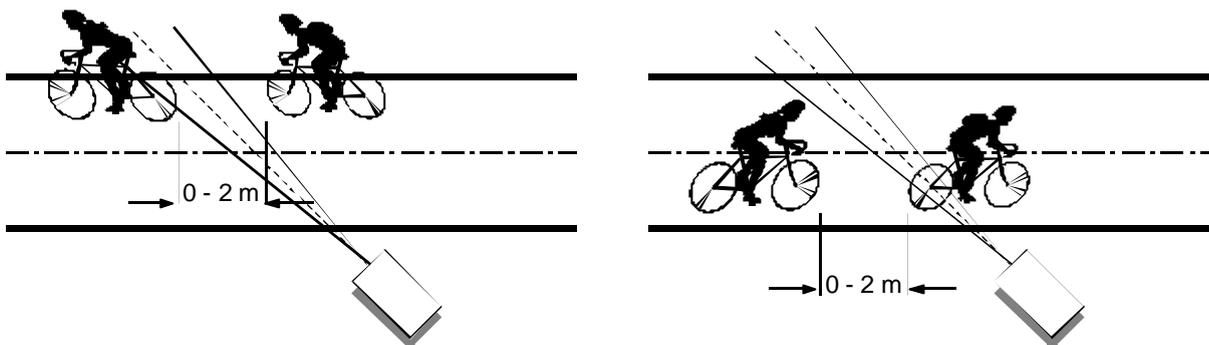


Abbildung 14: Anordnung "< 2 m"

- größer als 2 Meter bis kleiner als 8 Meter; siehe Abb. 15

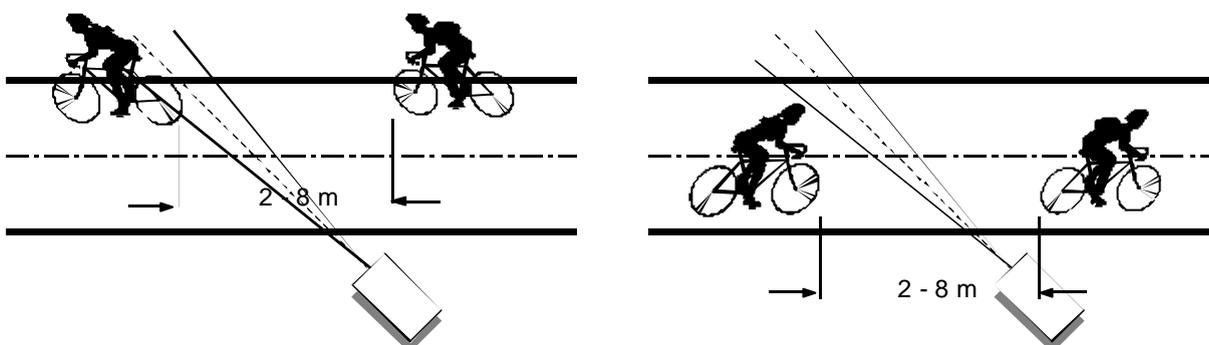


Abbildung 15: Anordnung "2 - 8 m"

- einzeln (Lücke zwischen den Radwegbenutzern größer als 8m); siehe Abb. 16

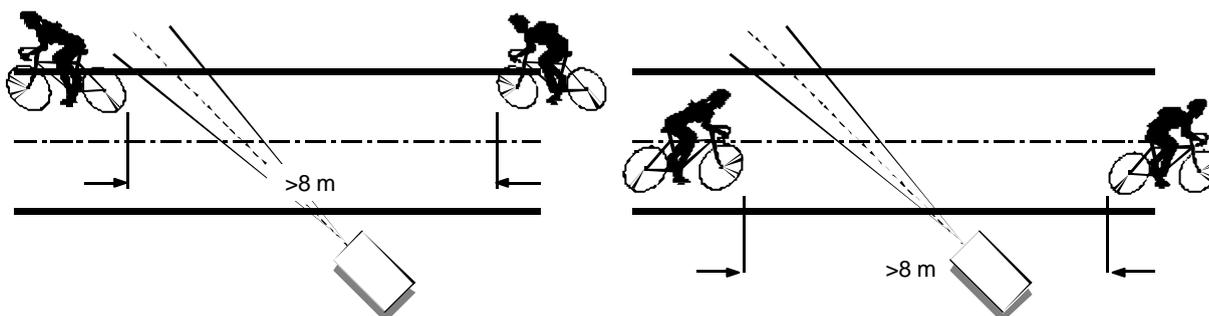


Abbildung 16: Anordnung "einzeln" (> 8 m)

Die Trennung bei den Fällen „nebeneinander“ und „versetzt“ bezüglich der Richtung der Radfahrer, beziehungsweise zusätzlich bei dem Fall „versetzt“ welcher Radfahrer vorne fährt, wurde mangels Datenmaterials nicht durchgeführt, obwohl das Radargerät aufgrund der seitlichen Aufstellung diese Anordnungen verschieden zählen müsste.

Tabelle 5: Anzahl der gefilmten Radwegbenützer

Zählstelle	Aufzeichnungsdauer [h]	identifizierte Radwegbenützer am Video	identifizierte Radfahrer am Video
Förthof (1)	16,5	1737	1712
Thallern (2)	4	109	106
Theiß (3)	4	51	44

Diese Zahlen der Tabelle 5 zeigen, dass die statistische Auswertung nur für die **Zählstelle 1 (Förthof)** und für **Radfahrer** sinnvoll ist.

3.3.2 Auswertung nach der Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer

Da alle drei Messstellen gleichartig aufgestellt sind, wurde die Geschwindigkeitsmessung nur für die Zählstelle Förthof vorgenommen, da angenommen wurde, dass die Radarmessung der Geschwindigkeit von der Zählstelle unabhängig ist und nur von der Aufstellungsart (45° Winkel zum Weg) abhängt.

Die Messstrecke wurde mittels zweier Punkte in der Radwegmitte definiert. Sie beträgt bei dieser Messstelle 3,85 m (Abb. 17). Die zwei kurzfristig aufgestellten lotrechten Fluchtstangen laufen im Video wegen der Verzerrung, bedingt durch den Höhenunterschied, auseinander. Diese verzerrten Linien am Videobild wurden mit Klebeband am Fernseher markiert, um die Messstrecke dauerhaft bei der Auswertung zu erkennen. Deshalb ist es wichtig festzustellen, wo die Verkehrsteilnehmer gefahren sind, um so die individuell richtige Messstrecke zu nehmen.

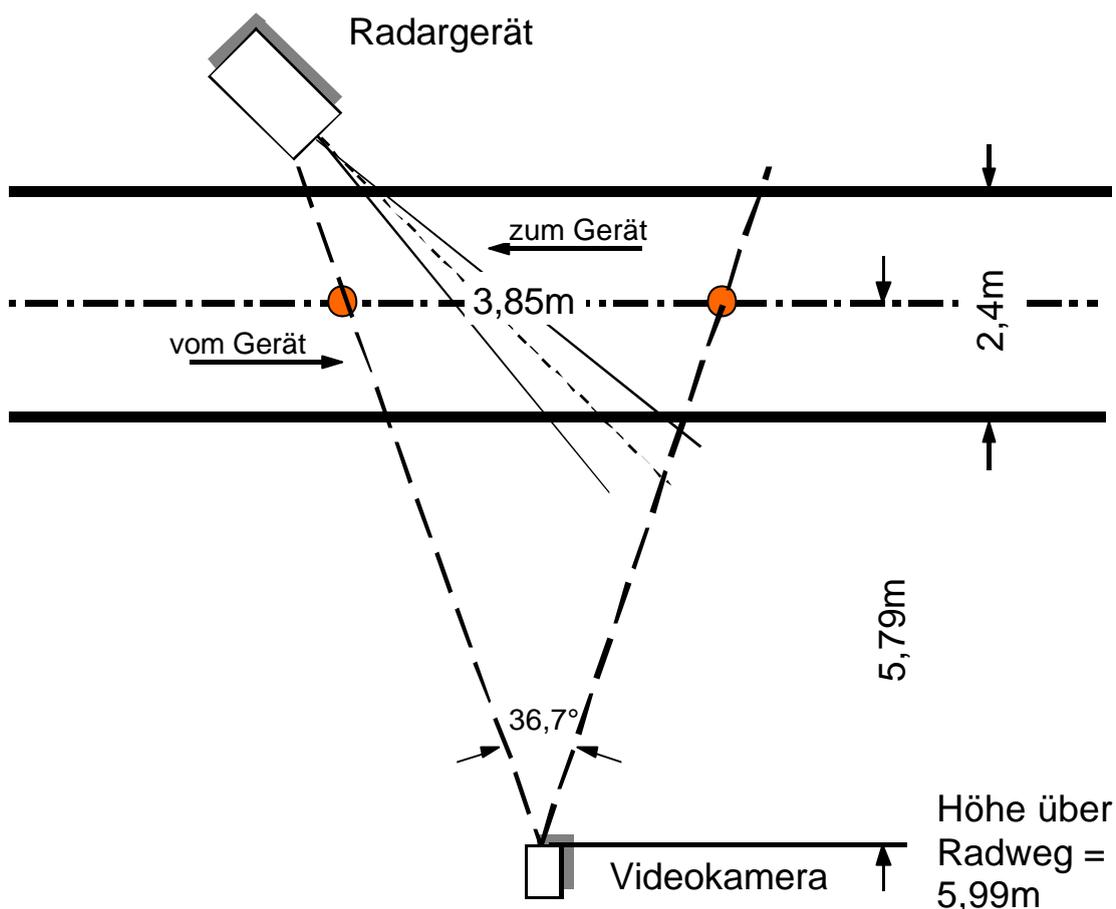


Abbildung 17: Geometrie der Aufnahmesituation bei der Zählstelle Förthof

Die benötigte Zeit für diese Strecke kann man aus der Anzahl der Videobilder herauslesen. Ein analoges Videogerät zeichnet 25 Bilder pro Sekunde auf, das heißt, dass alle $\frac{1}{25}$ Sekunden ein Bild vorliegt. Nach dem Auszählen der Bilder errechnet sich die Zeit t [sec.] - Anzahl der Bilder A_i dividiert durch 25.

$$t \text{ [sec]} = \frac{A}{25}$$

Die Geschwindigkeit v_i [m/s] ist dann die Strecke L_i [m] dividiert durch t [sec.].

$$v \text{ [m/s]} = \frac{L \text{ [m]}}{t \text{ [sec]}}$$

Multipliziert mit 3,6 ergeben sich die km/h.

$$v \text{ [km/h]} = \frac{25}{A} \times L \times 3,6 = \frac{90 \times L}{A} \quad [1]$$

- v [km/h]... Geschwindigkeit
- A [...]... Anzahl der Bilder
- L [m]... Länge der Strecke

t [sec.]... Zeit

Die Genauigkeit dieser Messung ist zusätzlich abhängig von der Schätzung auf welcher Höhe der Verkehrsteilnehmer gefahren ist (abhängig davon die zurückgelegte Strecke) und von der Zählung der Bilder (Interpolation zwischen den Bildern).

Bei einer Abzählung der Bilder (A ganzzahlig) beträgt der statistische Fehler [Bronstein, 1999]:

$$\Delta A = \frac{1}{\sqrt{12}} = 0,2887$$

Der Messfehler bei der Auswertung der Fahrspur (Markierung des Radweges siehe Abb. 11) wurde mit +/- 20 cm seitlicher Abweichung der Fahrlinie (Abb. 18: angenommene Fahrspur bei +50 cm, mögliche Fahrspur ist der grau hinterlegte Bereich von +30 cm bis +70 cm, das ergibt ein **?L von 13 cm** bei der zurückgelegten Strecke) und mit **?A=0,29** berechnet.

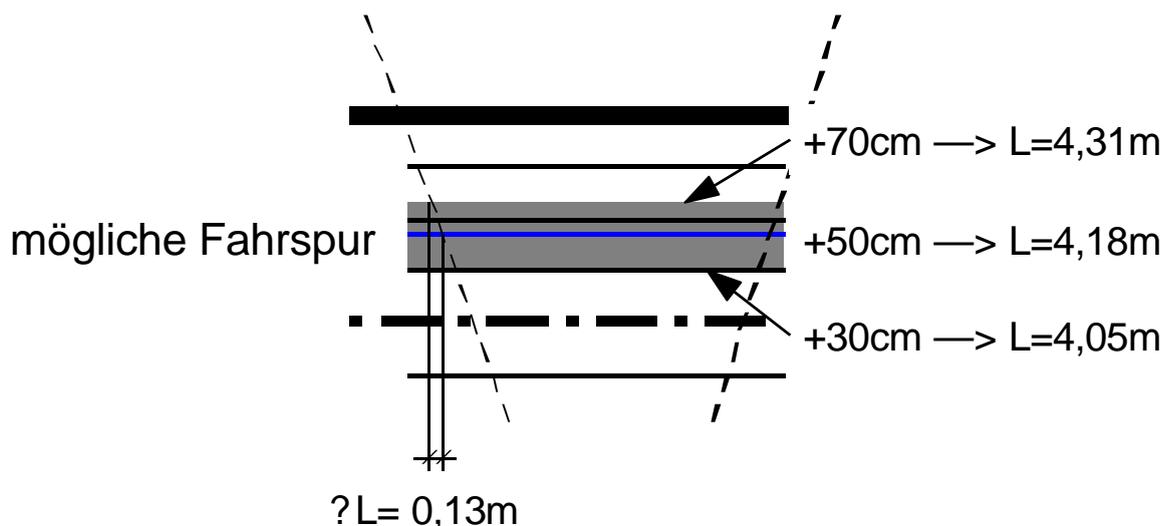


Abbildung 18: Genauigkeit der Fahrspurauswertung

Fehlerfortpflanzungsgesetz:

Der Fehler Δv ist das totale Differential der fehlerbehafteten Variablen L und A [Bronstein, 1999]:

$$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial L} \times \Delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial A} \times \Delta A\right)^2}$$

$$v = \frac{90 \times L}{A}$$

$$\frac{\partial v}{\partial L} = \frac{90}{A}$$

$$\frac{\partial v}{\partial A} = -\frac{90 \times L}{A^2}$$

$$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{90}{A} \times \Delta L\right)^2 + \left(\frac{-90 \times L}{A^2} \times \Delta A\right)^2} \quad [2]$$

Tabelle 6: Fehler der Geschwindigkeitsmessung

Richtung	zum Gerät	vom Gerät
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	20	17
A... Bildanzahl []	18,2	19,3
durchschnittliche Fahrspur [cm]	+30	-30
L [m]	4,05	3,65
? A []	0,29	0,29
? L [m]	0,13	0,13
?v [km/h]	0,72	0,66

In der Tabelle 6 sieht man die für die Berechnung des Geschwindigkeitsfehlers (aufgeteilt nach der Richtung) durchschnittlichen Werte.

Berechnung des Fehlers der Geschwindigkeit nach Gleichung [2]:

zum Gerät (donauabwärts): $\Delta v [km/h] = \sqrt{0,4133 + 0,1018} = 0,72$ [3]

vom Gerät (donauaufwärts): $\Delta v [km/h] = \sqrt{0,3675 + 0,0654} = 0,66$ [4]

Bei diesen Gleichungen [3, 4] erkennt man einen ungefähr vier mal stärkeren Einfluss des ?L (1. Term unter der Wurzel) auf das Ergebnis als der des ?A (2. Term).

Die **Ungenauigkeit dieser Messmethode** liegt daher bei ungefähr **+/- 0,7 km/h**. Der Fehler für Messungen vom Gerät ist etwas kleiner, was durch die unterschiedlich errechneten Geschwindigkeiten der verschiedenen Fahrtrichtungen erklärbar ist. Die Radfahrer, die zum Gerät fahren (donauabwärts), hatten eine Durchschnittsgeschwindigkeit von knappen 20 km/h, die anderen jedoch von nur 17 km/h. Eine geringere Geschwindigkeit bedingt aber auch eine größere Anzahl an Bildern in der festgelegten Strecke, was wiederum einen kleineren relativen Fehler beim Abzählen der Bilder verursacht.

Durchschnittlich führen die identifizierten 405 (davon 301 in der Fahrtrichtung zum Gerät) Radwegbenutzer in etwa 30 cm rechts von der Mittellinie des an dieser Stelle 2,4 m breiten Radweges.

4. Abgleich der Daten des Radargeräts und der Videobeobachtung

4.1 Abgleich bezüglich der Anzahl

4.1.1 Art der Verkehrsteilnehmer

Da die meisten Daten von der Stelle 1, Förthof, stammen, und fast nur Radfahrer beobachtet wurden (siehe Tab. 7 und Abb. 19), wurde die Statistik nur mit diesen gefilterten Daten erstellt. Die anderen Benutzer stellen nur einen kleinen Anteil dar, sodass keine vernünftigen Aussagen betreffend der Anzahl anderer Verkehrsteilnehmer getroffen werden konnten.

Tabelle 7: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenützer; Zählstelle 1 (Förthof)

Art der Verkehrsteilnehmer		Videobeobachtung	Radargerät	Video/Radar
zum Gerät donauabwärts	Radfahrer	1224	1036	1,1815
	Fußgänger	3	3	1
	Jogger	6	4	1,5
	Inlineskater	3	1	3
	Rollstuhlfahrer	1	1	1
	Auto	3	6	0,5
	Summe	1240	1051	1,1798
vom Gerät donauaufwärts	Radfahrer	488	531	0,9190
	Fußgänger	4	4	1
	Jogger	4	3	1,3333
	Inlineskater	1	1	1
	Rollstuhlfahrer	0	0	
	Auto	0	0	
	Summe	497	539	0,9221
gesamt	Radfahrer	1712	1567	1,0925
	Fußgänger	7	7	1
	Jogger	10	7	1,4286
	Inlineskater	4	2	2
	Rollstuhlfahrer	1	1	1
	Auto	3	6	0,5
	Summe Verkehrsteilnehmer	1737	1590	1,0925

Fehler bei der Aufzeichnung bezüglich der Autos: der Korrekturfaktor würde hier 0,5 betragen, da das Radargerät jedoch ein etwa 4 m langes Auto als zwei Objekte aufzeichnet, stimmen die Daten mit der Realität überein. Man kann die Daten daher nach zwei aufeinanderfolgenden Datensätzen mit hoher Geschwindigkeit durchsuchen und sie als Autos kennzeichnen.

Außerdem sind radarmesstechnisch nicht klar begrenzte Körper (Radfahrende, Jogger,...) im Gegensatz zu PKW schwer erfassbar.

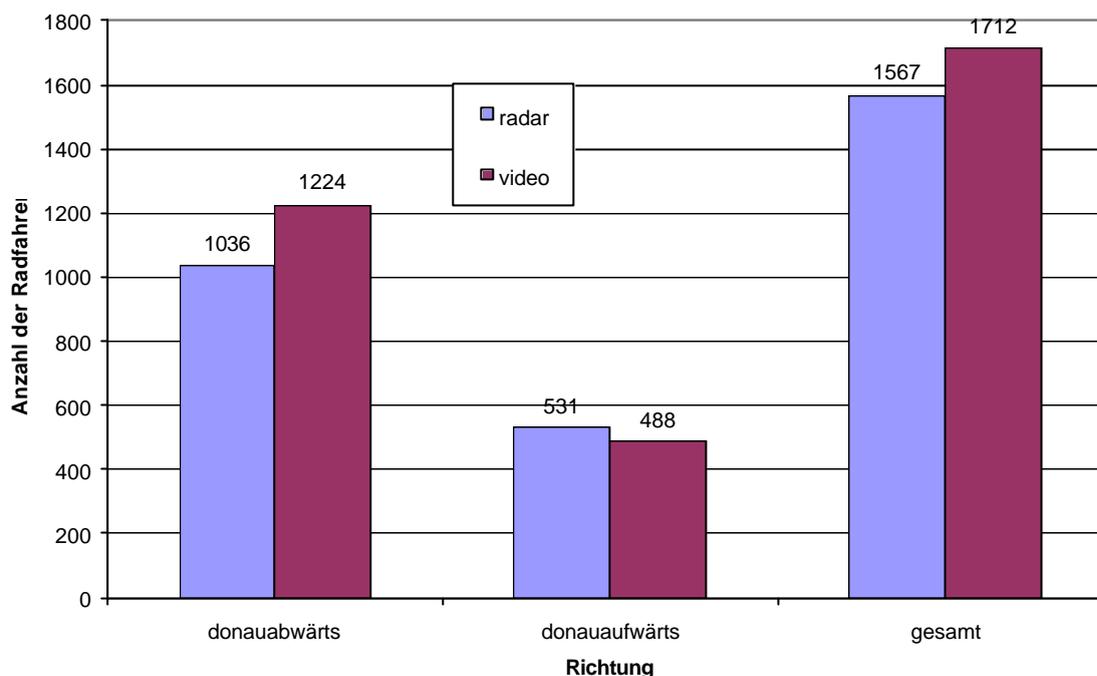


Abbildung 19: Vergleich der Radardaten mit den Daten der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer, Zählstelle 1 (Förthof)

4.1.2 Anordnung der Verkehrsteilnehmer

Bei der Auswertung bezüglich der Anzahl wurden verschiedene Fälle untersucht (Abb. 12 bis 16). Die Fälle nebeneinander, versetzt, kleiner 2 m und 2-8 m setzen zwei Verkehrsteilnehmer voraus. Darum sind bei der Auswertung die Anzahl der Fälle nicht mit der Anzahl der Radfahrer gleich wie bei den Einfahrten. Anfangspunkt für die Auswertung war die Tatsache [Zeitlhofer 2001], dass das Radargerät Nebeneinanderfahrende am schlechtesten zählt und Einfahrende am besten. Dies erscheint logisch, da die gegenseitige seitliche Abdeckung der Radfahrer bei Nebeneinanderfahrten am größten und dadurch diese Art der Anordnung mit dem größten Messfehler behaftet ist. Aufgrund dieser Berücksichtigung konnten die richtig, die zuviel und die zuwenig gezählten Radfahrer der entsprechenden Anordnung zugewiesen werden (Abb. 21 und 22).

Bei vorbeifahrenden Gruppen mit mehr als zwei Radfahrern war das Auswerten am schwersten, da durch die nur minutenweise Aufzeichnung der Daten im Radargerät nicht eruiert werden konnte, welche Gruppe mit einer bestimmten Anordnung falsch gezählt wurde. Etwas eingrenzen konnte man das Problem durch einen Vergleich der Geschwindigkeiten, da Mitglieder einer Gruppe meistens gleich schnell fahren.

Abbildung 20 zeigt die prozentuale Verteilung der verschiedenen Anordnungen die mit der Videobeobachtung erfasst und ausgewertet wurden. Sie zeigt einen hohen Prozentsatz (40%) an beobachteten Einzelfahrten und einen geringen (7 bis 8%) bei den Nebeneinander- und Versetztfahrten.

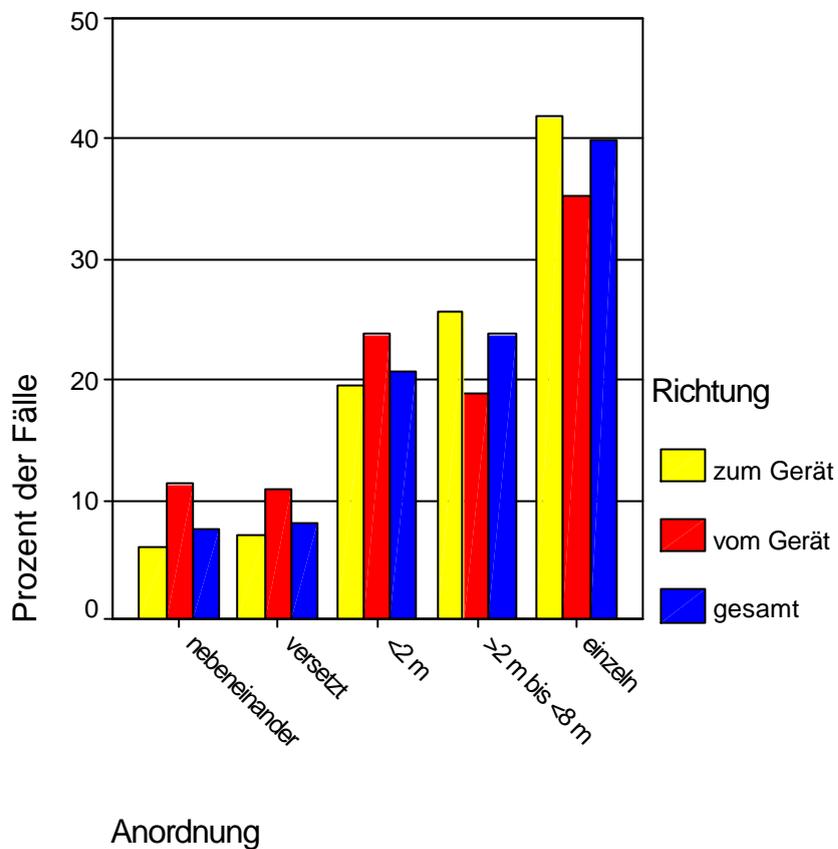


Abbildung 20: prozentuelle Aufteilung der verschiedenen Anordnungen

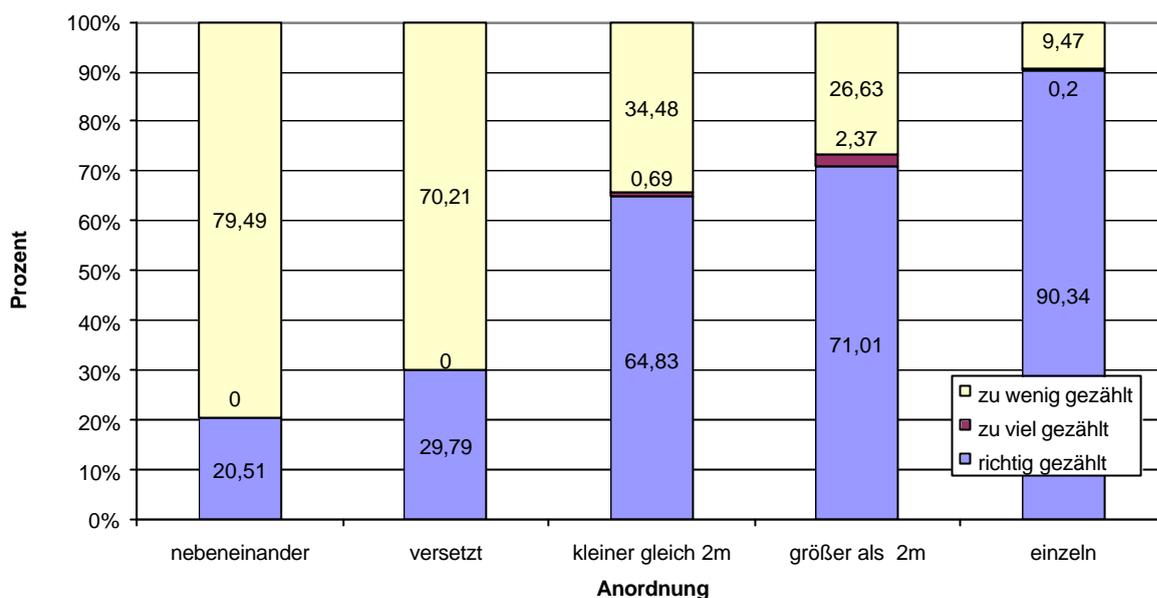


Abbildung 21: Prozentanteil der richtig, zu viel und zu wenig gezählten Anordnungsfälle (zum Gerät)

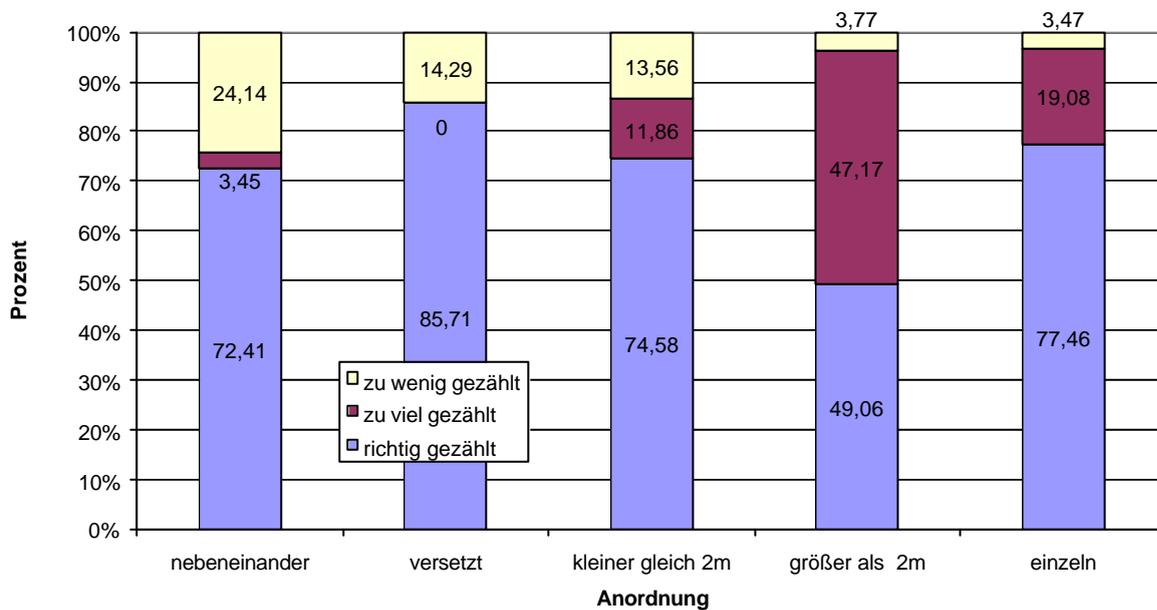


Abbildung 22: Prozentanteil der richtig, zu viel und zu wenig gezählten Anordnungsfälle (vom Gerät)

Der **relative Fehler** bezüglich der beobachteten (A_{Video}) und vom Radargerät erfassten (A_{Radar}) Anordnungsfälle wird nach Gleichung [5] berechnet um so einen

Wert, unabhängig von der beobachteten Anzahl, zu bekommen. Ein positiver relativer Fehler gibt an, dass das Radargerät zu wenig zählt.

$$\Delta_{rel} [\%] = \frac{A_{Video} - A_{Radar}}{A_{Video}} \times 100 \quad [5]$$

Tabelle 8: Vergleich der Anordnungsfälle laut Videobeobachtung und der vom Radargerät aufgezeichneten Datensätze

	Videobeobachtung	Radargerät	relativer Fehler [%]
nebeneinander	74	44	40,5
versetzt	85	54	36,5
zum Gerät	<2m	188	21,0
>2m bis <8m	315	267	15,2
einzel	512	483	5,7
Summe	1224	1036	15,4
nebeneinander	55	50	9,1
versetzt	53	50	5,7
vom Gerät	<2m	113	2,6
>2m bis <8m	92	116	-26,1
einzel	172	199	-15,7
Summe	488	528	-8,8
nebeneinander	129	94	27,1
versetzt	138	104	24,6
gesamt	<2m	301	15,0
>2m bis <8m	407	383	5,9
einzel	684	682	0,3
Summe	1712	1564	8,5

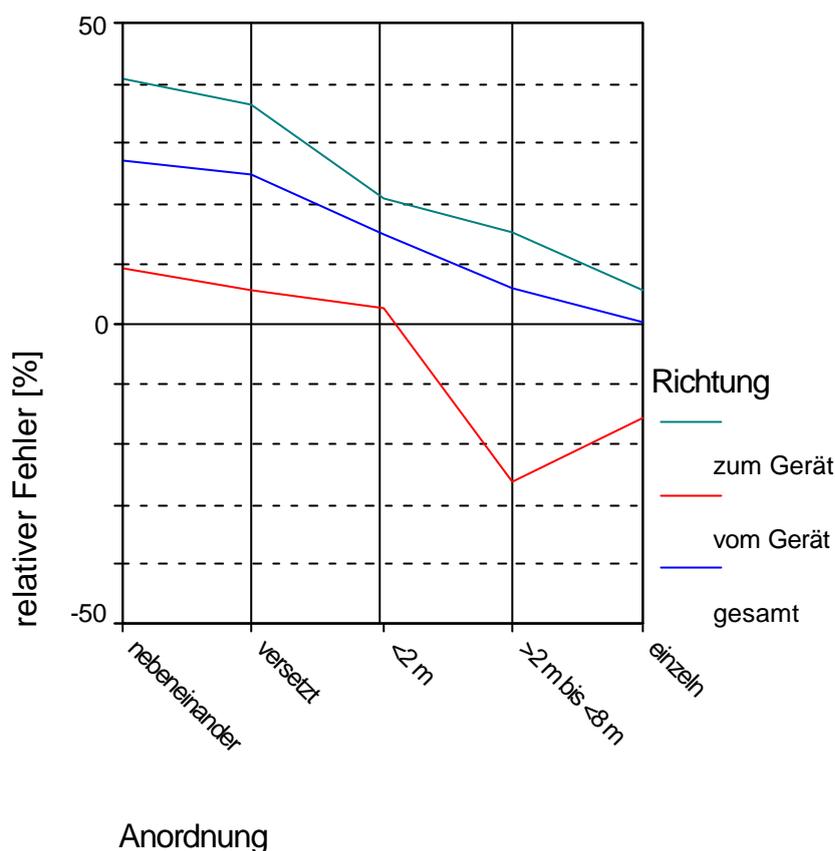


Abbildung 23: relativer Fehler [5] der verschiedenen Anordnungen der Radfahrer (Abb. 12- 16)

In Tabelle 8 und der grafischen Aufbereitung in Abbildung 23 erkennt man recht deutlich, dass bei Gruppen, die sehr eng zueinander fahren, ein großer Fehler entsteht, da die gegenseitige Abdeckung es dem Radargerät unmöglich macht, alle Radwegbenützer zu erfassen. Dadurch zählt das Radar eindeutig zu wenig. Der große negative Fehler bei der Richtung vom Gerät bei >2 m bis <8 m ist schwer erklärbar, jedoch stimmt dies mit Beobachtungen überein. Einzelfahrten sowie Fahrten mit Abständen von 2 bis 8 Metern werden oftmals bei vor allem langsamen Radfahrern zu viel gezählt, zum Beispiel zwei Radfahrer als drei beziehungsweise ein Radfahrer als zwei aufgezeichnet. Bei Einzelfahrten in Summe geht der relative Fehler gegen null. Dies lässt den Schluss zu, dass das Radargerät bei Einzelfahrten die Radwegbenützer gut zählt und dass sich die Fehler bei den beiden Richtungen gegenseitig teilweise aufheben.

4.1.3 Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer

Da das Radargerät in der jetzigen Konfiguration nur Geschwindigkeiten zwischen 6 und 40 km/h aufzeichnet, kann nicht beurteilt werden, ob die langsameren Radwegbenützer (Fußgänger, Rollstuhlfahrer, Hunde,...) gar nicht gezählt werden oder nur unter die Schranke von 6 km/h fallen. In der Geschwindigkeitsklasse zwischen 6 und 10 km/h wurden etwa 2/3 Radfahrer beobachtet (siehe Abb. 24).

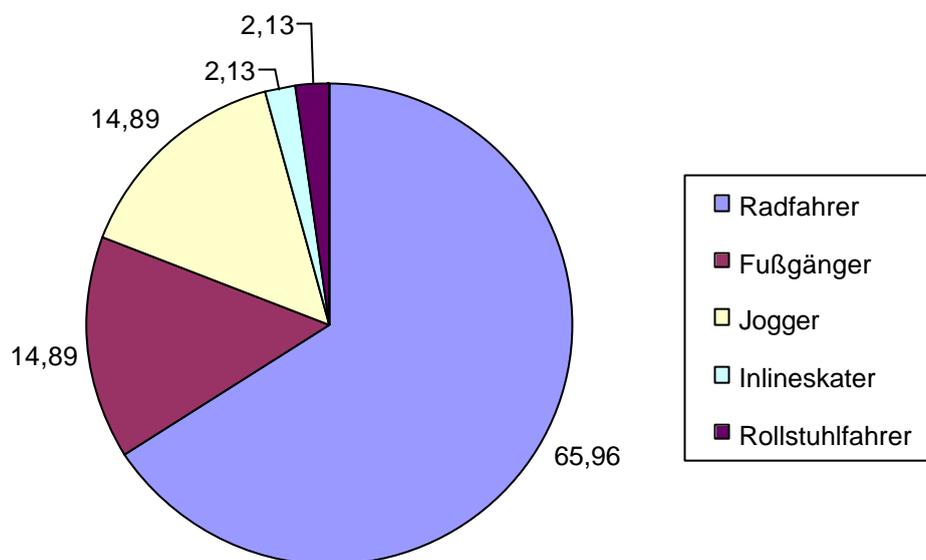


Abbildung 24: Modal Split der Geschwindigkeitsklasse 6-10 km/h in Prozent

Bei den restlichen Geschwindigkeitsklassen haben die Radfahrer einen Anteil von 99 - 100%. Bei höheren Geschwindigkeiten, ab 30 km/h, steigert sich der Prozentsatz an Autos (Tab. 9 und Abb.25).

Tabelle 9: Radfahreranteil in den verschiedenen Geschwindigkeitsklassen

Geschwindigkeitsklassen [km/h]	Radfahrer	%	Rest nichtmotorisiert	%	Auto	%	Summe
6 bis 10	31	65,96	16	34,04	0	0,00	47
11 bis 15	362	99,45	2	0,55	0	0,00	364
16 bis 20	829	99,76	2	0,24	0	0,00	831
21 bis 25	411	100,00	0	0,00	0	0,00	411
26 bis 30	45	100,00	0	0,00	0	0,00	45
31 bis 35	5	83,33	0	0,00	1	16,67	6
36 bis 40	1	33,33	0	0,00	2	66,67	3
Summe	1684	98,65	20	1,17	3	0,18	1707

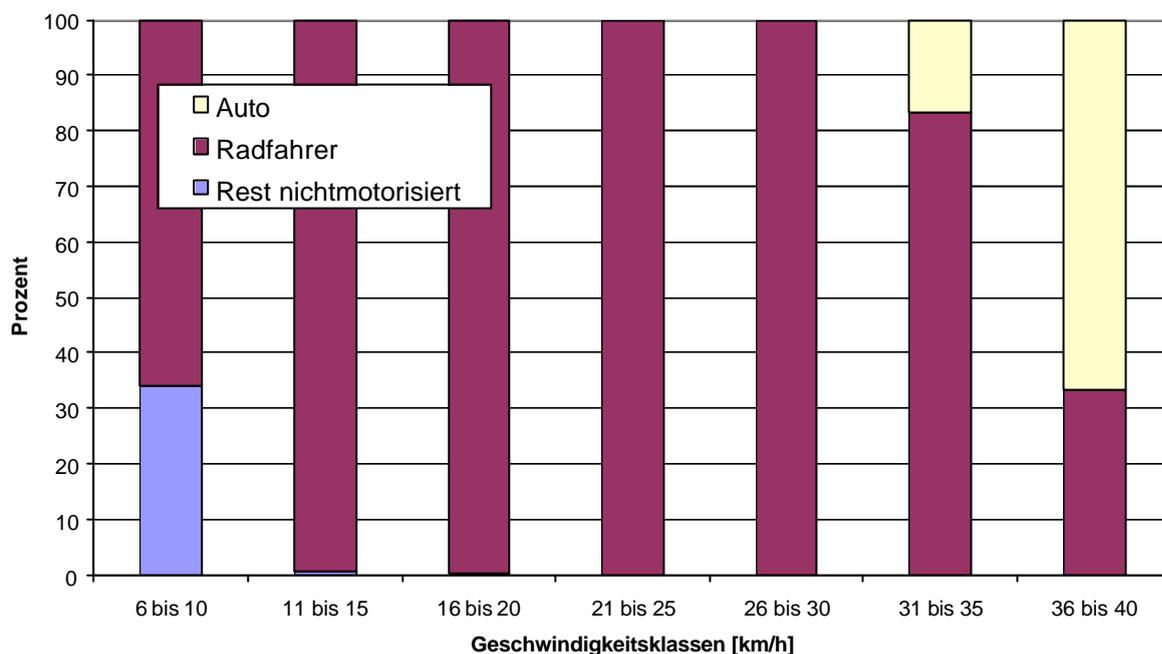


Abbildung 25: Balkendiagramm der Prozentanteile an Autos, Radfahrern und der übrigen nichtmotorisierten Radwegbenützer in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen

4.1.4 Uhrzeit

Die Aufspaltung der Radfahrer nach Uhrzeitgruppen (Stundenwerte) wurde durchgeführt, um eventuell eine Abhängigkeit vom relativen Fehler [5] herauszufinden.

Durch die unregelmäßigen Aufnahmezeiten und -tage wurde insgesamt ein Zeitfenster von 9.00 bis 18.00 abgedeckt, allerdings mit Hauptaugenmerk auf den Vormittag und den Nachmittag, wo die meisten Radfahrer erwartet werden konnten. Die Gliederung der gefilmten Radfahrer nach der Uhrzeit spiegelt einerseits die Tatsache wider, dass von 10.00 bis 15.00 Uhr die meisten Radfahrer unterwegs sind

und andererseits, dass zu diesen Zeiten am meisten gefilmt wurde. Außerdem sieht man recht gut die etwa 3 bis 4-fache Menge an Radfahrern die donauabwärts (zum Gerät) fahren im Gegensatz zur anderen Richtung. Die Abb. 26 zeigt daher keine Tagesganglinie sondern lediglich die Summe aller gefilmten Radfahrer.

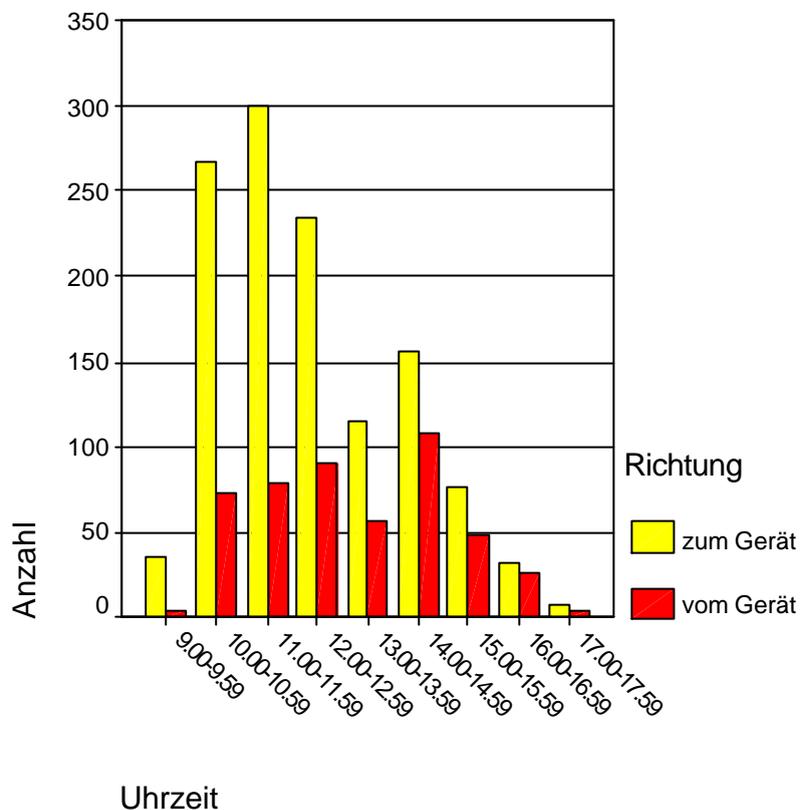


Abbildung 26: Anzahl der gefilmten Radfahrer nach Uhrzeitgruppen (keine Tagesganglinie!)

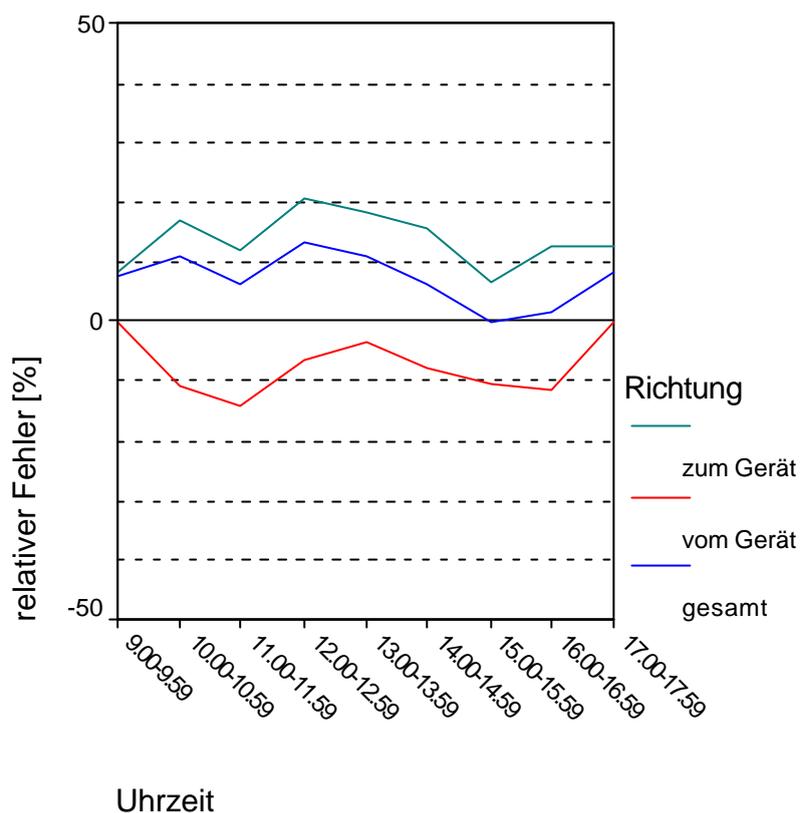


Abbildung 27: relativer Fehler [5] nach Uhrzeitgruppen

Wenn man sich den relativen Fehler nach der Uhrzeit ansieht (Abb. 27), so erkennt man keinen eindeutigen Zusammenhang. Das einzig ersichtliche hier ist, dass der relative Fehler in der Richtung zum Gerät die ganze Zeit über positiv (= zu wenig gezählt) und in der anderen Richtung negativ (= zu viel gezählt) ist (siehe [5]). Der größte relative Fehler gesamt betrachtet tritt um die Mittagszeit auf, was man eventuell mit der erhöhten Frequenz bzw. mit einer verstärkten Gruppenbildung erklären kann.

Zur besseren Veranschaulichung bzw. Begründung des relativen Fehlers wurden die Einzel- und Gruppenfahrten getrennt voneinander untersucht.

Beim relativen Fehler bei Einzelfahrten (Abb. 28) sieht man einen hohen Fehler bei der Richtung vom Gerät (= zu viel gezählt), wenn der relative Fehler negativ ist. Nach eingehender Beobachtung des Radweges und Abgleich der Daten stellt man fest, dass es sehr oft vorkommt, dass vor allem einzelne langsame Radfahrer, die donauaufwärts (= vom Gerät weg) fahren, als zwei Datensätze gespeichert werden.

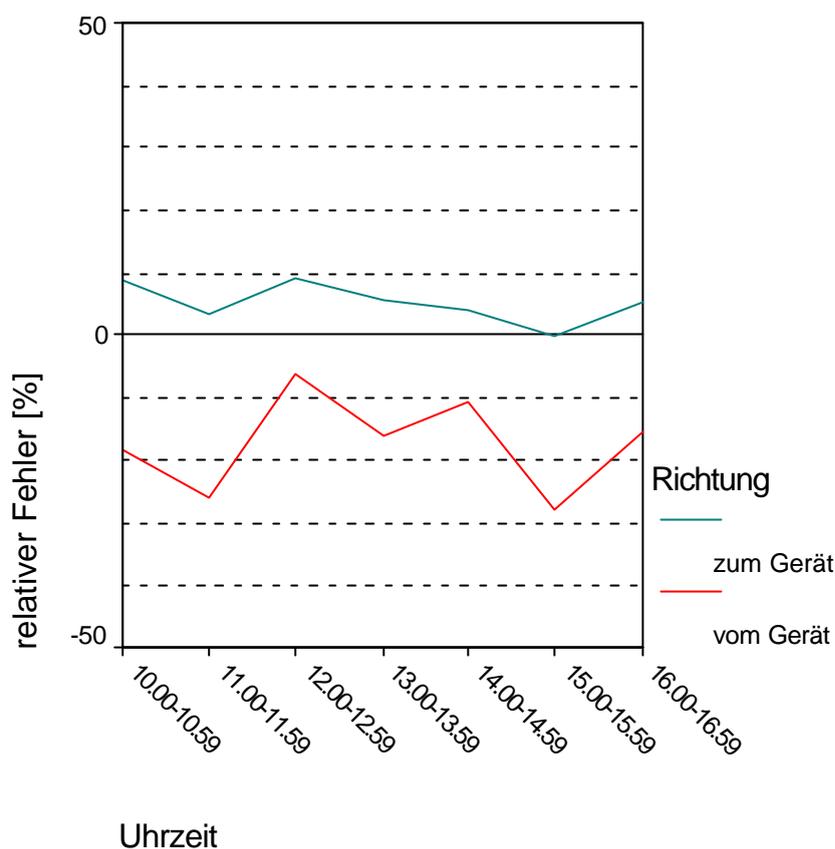


Abbildung 28: relativer Fehler [5] bei Einzelfahrten nach Uhrzeitgruppen

Relativer Fehler bei Gruppen (Abb. 29) (Zusammenfassung von Nebeneinander-, Versetzt-, kleiner 2 m und größer 2 m bis kleiner 8 m Fahrten). Hier sieht man ein umgekehrtes Bild. Durch das seitliche Aufstellen des Radargeräts gibt es große Abschattungen, wenn Gruppen den Radweg befahren. Es werden viele Radfahrer nicht erkannt, sodass viel zu wenig aufgezeichnet wird. Den geringen Fehler bei der Richtung vom Gerät aber kann man damit erklären, dass sich die nicht erkannten und die zuviel gezählten Radfahrer ungefähr aufheben.

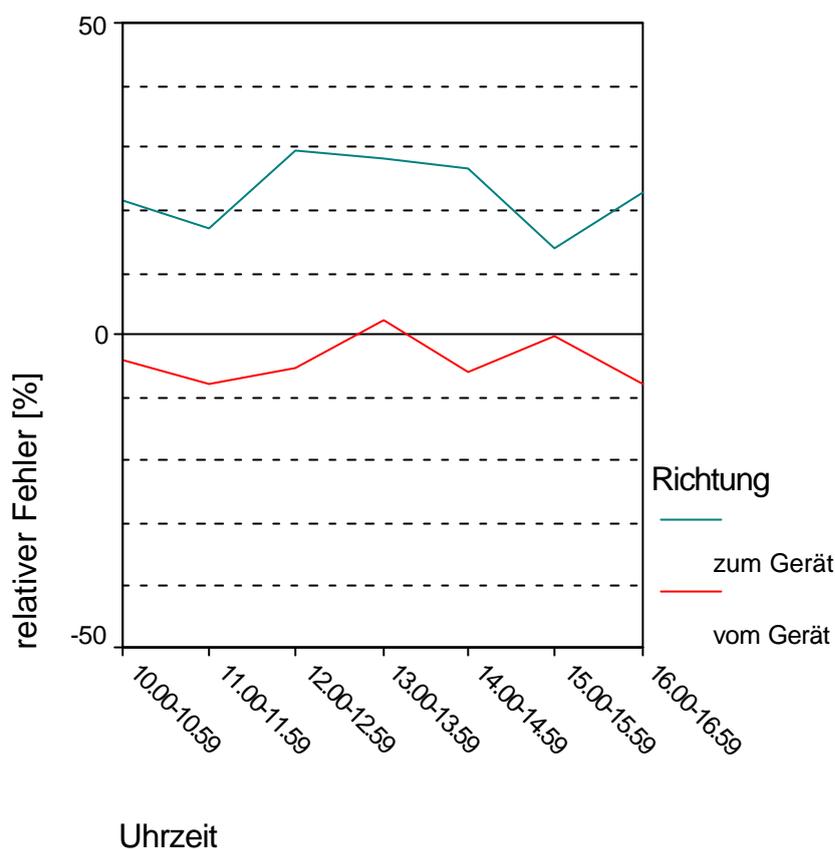


Abbildung 29: relativer Fehler [5] bei Gruppenfahrten nach Uhrzeitgruppen

Die Datenbasis (Tab. 10) wird bei Aufspaltung in Stundenwerte schon recht klein, sodass die Aussagen nur mit Vorsicht zu betrachten sind.

Tabelle 10: Daten zur Berechnung des relativen Fehlers bei Einzel- und Gruppenfahrten

	Uhrzeit	Videobeobachtung	Radargerät	rel.Fehler [%]
EINZELN	10.00-10.59	90	82	8,9
	11.00-11.59	118	114	3,4
	12.00-12.59	99	90	9,1
	zum Gerät 13.00-13.59	51	48	5,9
	14.00-14.59	77	74	3,9
	15.00-15.59	40	40	0,0
	16.00-16.59	19	18	5,3
vom Gerät	10.00-10.59	22	26	-18,2
	11.00-11.59	27	34	-25,9
	12.00-12.59	32	34	-6,3
	13.00-13.59	19	22	-15,8
	14.00-14.59	37	41	-10,8
	15.00-15.59	18	23	-27,8
	16.00-16.59	13	15	-15,4

GRUPPE	10.00-10.59	177	139	21,5
	11.00-11.59	182	151	17,0
	12.00-12.59	135	95	29,6
zum Gerät	13.00-13.59	64	46	28,1
	14.00-14.59	79	58	26,6
	15.00-15.59	36	31	13,9
	16.00-16.59	13	10	23,1
	10.00-10.59	52	54	-3,8
	11.00-11.59	51	55	-7,8
	12.00-12.59	58	61	-5,2
vom Gerät	13.00-13.59	38	37	2,6
	14.00-14.59	70	74	-5,7
	15.00-15.59	30	30	0,0
	16.00-16.59	13	14	-7,7

4.2 Abgleich bezüglich der Geschwindigkeit der Radfahrer

Es wurde die Geschwindigkeit von insgesamt 405 Radwegbenützern die eindeutig am Ausdruck der Radardaten identifizierbar waren (davon 402 Radfahrer, 2 Jogger und 1 Inlineskater) aus dem Video herausgemessen, jedoch nur bei der Zählstelle 1 (Förthof). Da mehr Leute donauabwärts (zum Gerät) fahren, wurden auch mehr Geschwindigkeiten in diese Richtung gemessen (301).

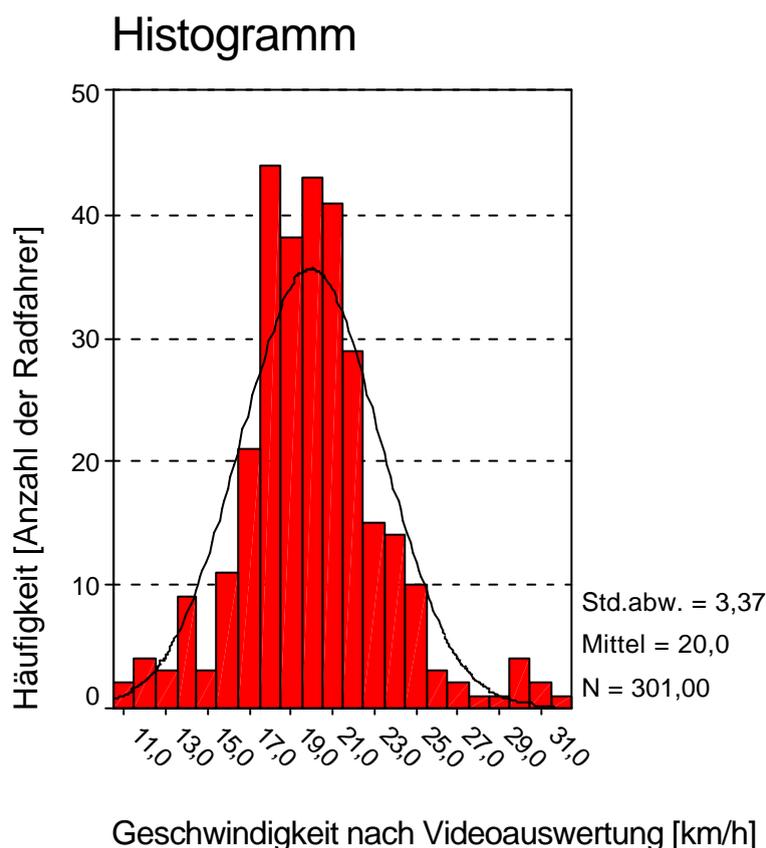


Abbildung 30: Geschwindigkeitsverteilung der ausgewerteten Radwegbenutzer (donauabwärts)

Nach Abb. 30 wurden die meisten Radfahrer zwischen 15 und 25 km/h gemessen, was sich auch bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 20 km/h herauslesen lässt.

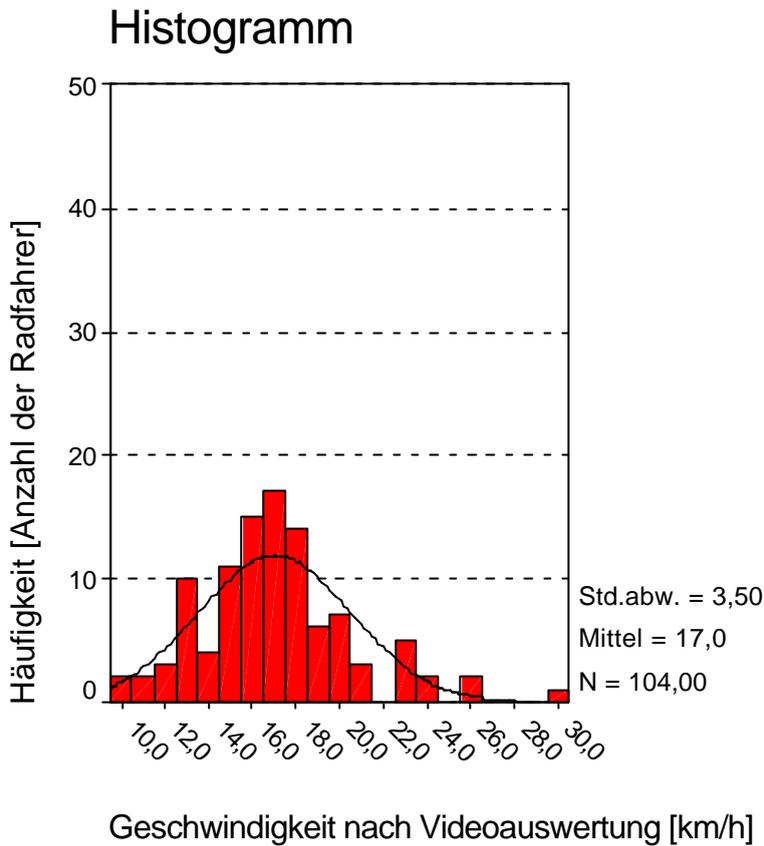


Abbildung 31: Geschwindigkeitsverteilung der ausgewerteten Radwegbenutzer (donauaufwärts)

In die andere Richtung (Abb. 31) erkennt man zusätzlich zur geringeren Anzahl auch eine geringere Geschwindigkeit von im Schnitt 17,0 km/h.

Um einen Überblick über die Beschaffung der gemessenen Geschwindigkeitswerte zu bekommen, wurden in Tabelle 11 die statistischen Kennwerte berechnet.

Tabelle 11: statistische Kennwerte der gemessenen Geschwindigkeiten

Richtung	Anzahl	Mittelwert	Median	Modus	Standardabweichung
Einheit	[]	[km/h]	[km/]	[km/]	[km/h]
zum Gerät	301	19,967	19,80	19,80	3,3666
vom Gerät	104	17,018	16,85	17,25	3,4958

Varianz	Schiefe	Kurtosis (Wölbung)	Spannweite	Minimum	Maximum
[km/] ²	[km/] ³	[km/] ⁴	[km/]	[km/]	[km/]
11,3338	0,468	1,608	21,55	10,85	32,40
12,2210	0,831	1,702	20,16	10,26	30,42

5. Korrekturfaktoren am Beispiel der Zählstelle 1, Förthof

5.1 Korrekturfaktoren für die Anzahl

Zur Korrektur der Anzahl wurden nur die Zählstelle 1 (Förthof) und nur die Radfahrer herangezogen. Um die Anzahl statistisch auszuwerten, braucht man eine Aggregation der Daten auf eine bestimmte Zeitspanne, z. B.: Radfahrer/Stunde. Je nach Genauigkeitsgrad wurden die Daten für drei Zeitspannen aggregiert. Diese sind:

- 1) Anzahl der Radfahrer pro halbe Stunde
- 2) Anzahl der Radfahrer pro Stunde
- 3) Anzahl der Radfahrer pro drei Stunden

Hierfür wurde die Anzahl auf dem Video mit der auf dem Radar aufgezeichneten verglichen (Abb. 32, 33 und 34).

Der Zusammenhang der abhängigen Variable y (Anzahl der Radfahrer am Video= Realität) und der unabhängigen Variablen x (Anzahl der Radfahrer, die vom Radargerät erfasst wurden) wurde mittels multipler linearer Regression im Softwareprogramm SPSS 7.5 durchgeführt.

- 1) Anzahl der Radfahrer pro halbe Stunde:

Eingangsdaten waren die Radfahrer der Zählstelle 1 (Förthof) (aggregierte Anzahl der beobachteten und vom Radargerät erfassten Radfahrer pro halbe Stunde). In die Regressionsanalyse wurden 16 Datenpunkte pro Richtung einbezogen. Die beiden anderen Zählstellen konnten aufgrund der geringen Datensätze nicht berücksichtigt werden.

Zielfunktion (für die korrekte Anzahl von Radfahrern):

Die Zielfunktion [6] wurde mittels verschiedener Modelle (Modell 1 und 2) untersucht, die Tabelle 12 gibt die Zusammenfassung dieser 2 Modelle an.

D_R ... Dummyvariable für die Richtung (zum Gerät...1; vom Gerät... 0)

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot \ln x + a_5 \cdot \sqrt{x} + a_6 \cdot D_R \quad [6]$$

Die Modelle wurden mittels der schrittweisen Methode untersucht, das bedeutet, dass nach jedem Berechnungsschritt die jeweils aufgenommenen Variablen nach der Rückwärtsmethode untersucht werden. Das Modell Nummer 2 liefert ein Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,989 und wurde deshalb zu Bestimmung der Konstanten herangezogen.

Tabelle 12: Modellgüte der Modelle 1 und 2

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,990 ^a	,980	,979	6,77
2	,995 ^b	,989	,989	4,97

a. Einflußvariablen : (Konstante), X

b. Einflußvariablen : (Konstante), X, Richtung

Tabelle 13: ausgeschlossene Variablen

Ausgeschlossene Variablen^c

Modell		Beta In	T	Signifikanz	Partielle Korrelation	Kollinearitätsstatistik
						Toleranz
1	LNx	-,073 ^a	-1,493	,146	-,267	,271
	Richtung	,108 ^a	5,174	,000	,693	,829
	WURZEL	-,120 ^a	-1,194	,242	-,216	6,620E-02
	X ²	-,009 ^a	-,124	,902	-,023	,132
	X ³	-,036 ^a	-,760	,454	-,140	,313
2	LNx	-,065 ^b	-1,837	,077	-,328	,271
	WURZEL	-,098 ^b	-1,334	,193	-,245	6,597E-02
	X ²	-,007 ^b	-,137	,892	-,026	,132
	X ³	-,026 ^b	-,760	,454	-,142	,312

a. Einflußvariablen im Modell: (Konstante), X

b. Einflußvariablen im Modell: (Konstante), X, Richtung

c. Abhängige Variable

Die Tabelle 13 zeigt für jedes Modell die ausgeschlossenen Variablen. Die ANOVA (Tab. 14) stellt die Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese, die dem Regressionsmodell zugrunde liegt, dar.

Tabelle 14: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese

ANOVA^c

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	66488,472	1	66488,472	1450,100	,000 ^a
	Residuen	1375,528	30	45,851		
	Gesamt	67864,000	31			
2	Regression	67148,754	2	33574,377	1361,290	,000 ^b
	Residuen	715,246	29	24,664		
	Gesamt	67864,000	31			

- a. Einflußvariablen : (Konstante), X
- b. Einflußvariablen : (Konstante), X, Richtung
- c. Abhängige Variable

Tabelle 15: aufgenommene Koeffizienten

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-5,037	1,948		-2,585	,015
	X	1,195	,031	,990	38,080	,000
2	(Konstante)	-7,375	1,499		-4,921	,000
	X	1,141	,025	,945	45,125	,000
	Richtung	9,980	1,929	,108	5,174	,000

- a. Abhängige Variable

Aus der Tabelle 15 erhält man folgende Formel mit deren Hilfe sich die korrekte Anzahl an Radfahrern errechnen lässt:

zum Gerät: $y = -7,375 + 1,141 \cdot x + 9,980$ ($y = 2,605 + 1,141 \cdot x$) [7]

vom Gerät: $y = -7,375 + 1,141 \cdot x$ [8]

Aggregation auf eine halbe Stunde:

y... Anzahl der Radfahrer am Video= die Realität

x... Anzahl der Radfahrer vom Radar erfasst

In der Abbildung 32 wurden die Datenpunkte und die Korrekturformel für halbe Stunden Werte gemeinsam eingezeichnet.

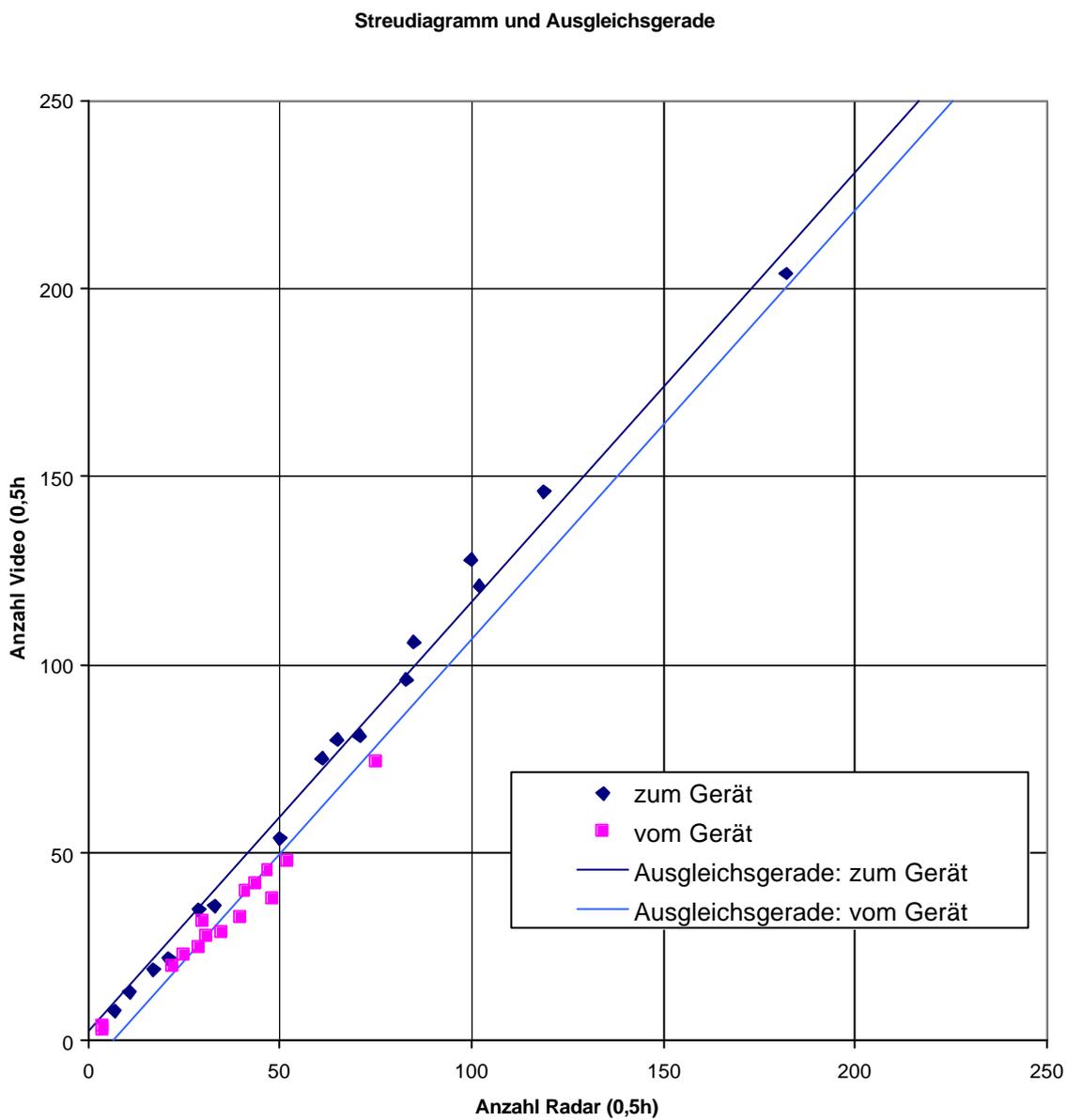


Abbildung 32: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für halbe Stunden Werte

2) Anzahl der Radfahrer pro Stunde:

Das gleiche Prozedere wurde auch bei den aggregierten Daten auf ganze Stunden durchgeführt. Die Datensätze reduzieren sich hier auf nur mehr 9 pro Richtung, sie geben allerdings eine höhere Anzahl an Radfahrern wieder. Die Datenbasis ist die gleiche nur anders aggregiert!

Die Zielfunktion [6] bleibt die gleiche. In diesem Fall wurden ebenfalls 2 Modelle untersucht, wobei das zweite das höhere Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,99 hat. Die Modellzusammenfassung (Tab. 16), die ausgeschlossenen Variablen (Tab. 17), die ANOVA (Tab. 18) und die aufgenommenen Koeffizienten (Tab. 19) sind ähnlich wie bei 1).

Tabelle 16: Modellgüte der Modelle 1 und 2

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,991 ^a	,981	,980	12,58
2	,995 ^b	,990	,989	9,47

a. Einflußvariablen : (Konstante), X

b. Einflußvariablen : (Konstante), X, Richtung

Tabelle 17: ausgeschlossene Variablen

Ausgeschlossene Variablen^c

Modell	Beta In	T	Signifikanz	Partielle Korrelation	Kollinearitätsstatistik	
					Toleranz	
1	LNx	-,106 ^a	-1,792	,093	-,420	,290
	Richtung	,101 ^a	3,634	,002	,684	,850
	WURZEL	-,228 ^a	-1,848	,084	-,431	6,648E-02
	X ²	,142 ^a	1,324	,205	,323	9,578E-02
	X ³	,064 ^a	,857	,405	,216	,211
2	LNx	-,092 ^b	-2,132	,051	-,495	,287
	WURZEL	-,178 ^b	-1,926	,075	-,458	6,505E-02
	X ²	,090 ^b	1,065	,305	,274	9,246E-02
	X ³	,033 ^b	,569	,579	,150	,206

a. Einflußvariablen im Modell: (Konstante), X

b. Einflußvariablen im Modell: (Konstante), X, Richtung

c. Abhängige Variable

Tabelle 18: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese

ANOVA^c

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	133773,801	1	133773,8	845,340	,000 ^a
	Residuen	2531,977	16	158,249		
	Gesamt	136305,778	17			
2	Regression	134959,395	2	67479,697	751,789	,000 ^b
	Residuen	1346,383	15	89,759		
	Gesamt	136305,778	17			

- a. Einflußvariablen : (Konstante), X
- b. Einflußvariablen : (Konstante), X, Richtung
- c. Abhängige Variable

Tabelle 19: aufgenommene Koeffizienten

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-8,551	4,637		-1,844	,084
	X	1,191	,041	,991	29,075	,000
2	(Konstante)	-13,252	3,724		-3,558	,003
	X	1,144	,033	,951	34,180	,000
	Richtung	17,607	4,845	,101	3,634	,002

- a. Abhängige Variable

Aus der Tabelle 19 erhält man folgende Formel mit deren Hilfe sich die korrekte Anzahl an Radfahrern errechnen lässt:

zum Gerät: $y = -13,252 + 1,144 \cdot x + 17,607$ ($y = 4,355 + 1,144 \cdot x$) [9]

vom Gerät: $y = -13,252 + 1,144 \cdot x$ [10]

Aggregation auf eine volle Stunde:

y... Anzahl der Radfahrer am Video= die Realität

x... Anzahl der Radfahrer vom Radar erfasst

Man erkennt bei den Formeln [7 bis 10] eine fast gleiche Steigung der Ausgleichsgeraden: 1,144 [9, 10] und 1,141 [7, 8]. Dies lässt auf eine exakte Korrektur schließen. Die Konstante ist bei den Formeln [7 bis 10] immer verschieden,

das ergibt durch die fast gleichen Steigungen parallele Ausgleichsgeraden. Die Ursache der für die zwei unterschiedlichen Richtungen parallelen Ausgleichsgeraden liegt im angenommenen linearen Glied der Dummyvariablen D_R in Gleichung [6].

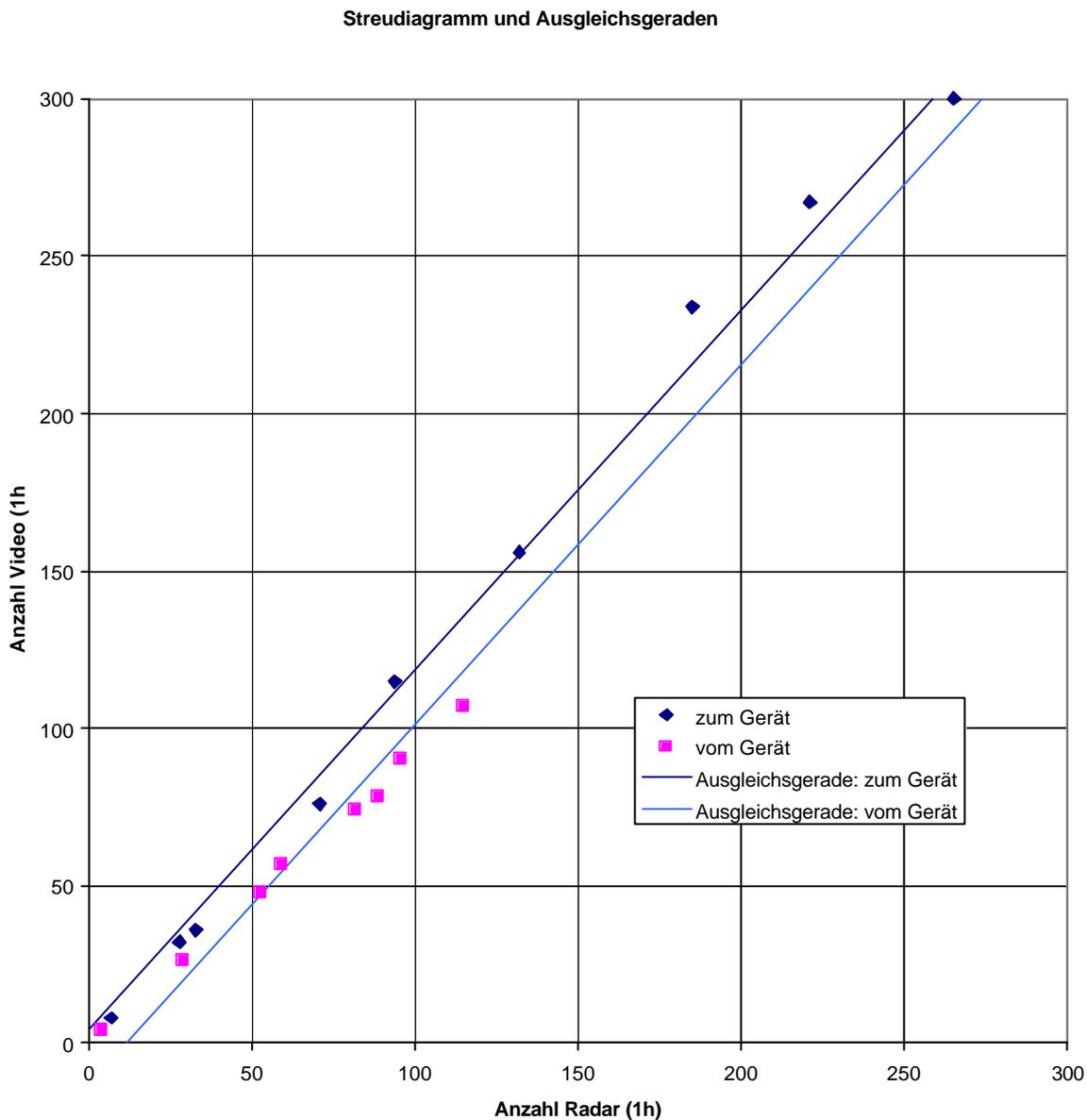


Abbildung 33: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für ganze Stunden Werte

3) Anzahl der Radfahrer pro 3 Stunden:

Bei dieser Aggregation der Daten stehen nur noch 3 Datenpunkte pro Richtung zur Berechnung zur Verfügung (Abb. 34). Abermals wurde die gleiche Zielfunktion [6] für die Regressionsanalyse verwendet. Hier wurde allerdings nur ein Modell (Tab. 20) ausgewählt und die anderen Variablen sofort ausgeschieden (Tab. 21).

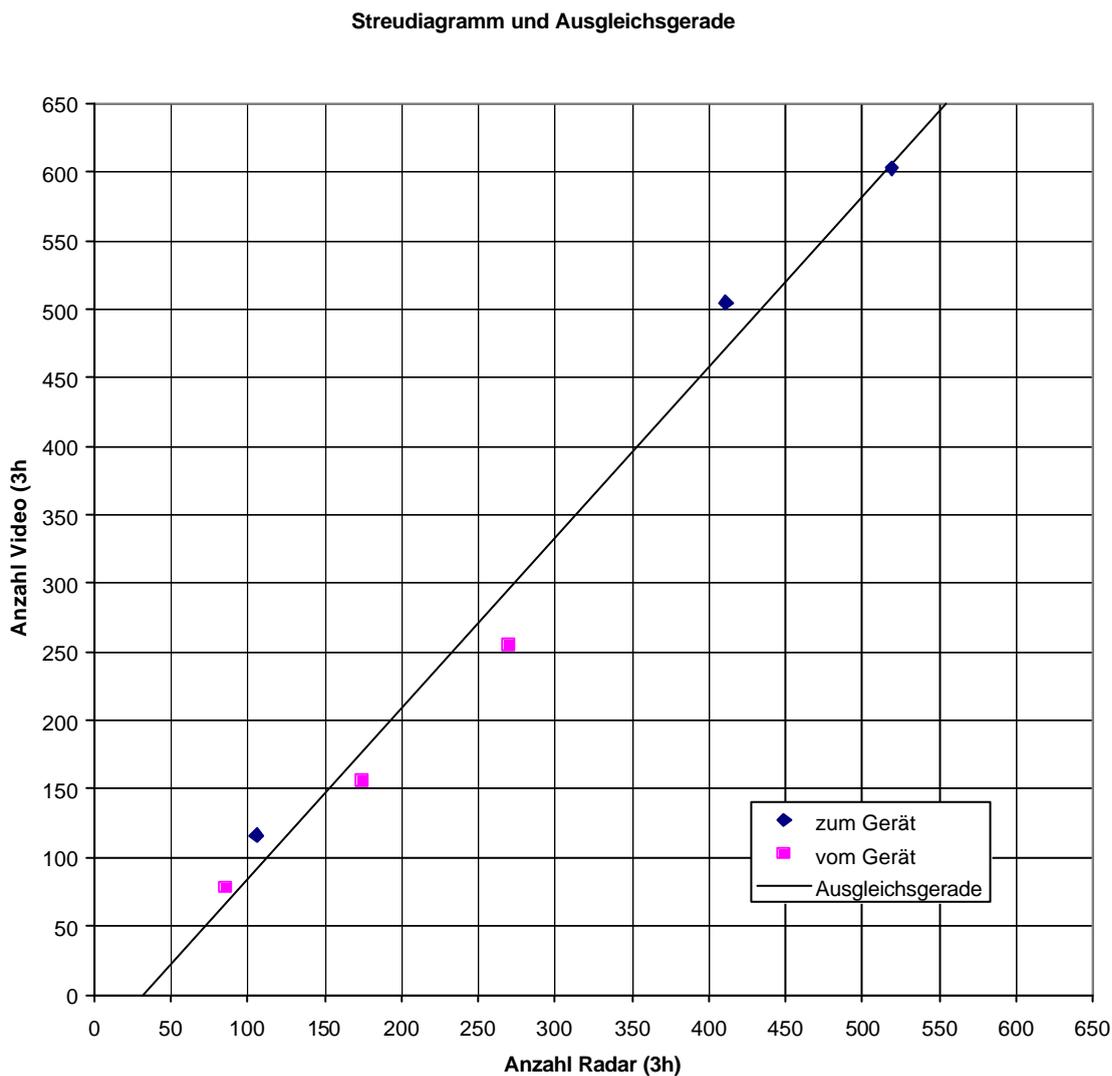


Abbildung 34: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für 3 Stunden Werte

Tabelle 20: Modellgüte des Modells 1

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,991 ^a	,983	,979	31,90

a. Einflußvariablen : (Konstante), X

Bei der Tabelle 20 erkennt man ein R^2 von 0,983 bei diesem Modell. Die etwaigen anderen Modelle wurden durch die schrittweise Methode sofort ausgeschieden.

Tabelle 21: ausgeschlossene Variablen

Ausgeschlossene Variablen^b

Modell	Beta In	T	Signifikanz	Partielle Korrelation	Kollinearitätsstatistik	
					Toleranz	
1	LNx	-,335 ^a	-1,226	,308	-,578	5,084E-02
	Richtung	,125 ^a	2,379	,098	,808	,719
	WURZEL	-,657 ^a	-1,164	,328	-,558	1,232E-02
	X ²	,314 ^a	,869	,449	,449	3,489E-02
	X ³	,146 ^a	,660	,556	,356	,102

a. Einflußvariablen im Modell: (Konstante), X

b. Abhängige Variable

Die ANOVA dieses Modells (Tab. 22) zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeit der Nullhypothese. Die Quadratsumme der Residuen ist bei dem gewählten Modell am kleinsten.

Tabelle 22: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese

ANOVA^b

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	234464,323	1	234464,3	230,375	,000 ^a
	Residuen	4071,011	4	1017,753		
	Gesamt	238535,333	5			

a. Einflußvariablen : (Konstante), X

b. Abhängige Variable

Tabelle 23: aufgenommene Koeffizienten

Modell		Koeffizienten ^a				
		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-39,899	25,075		-1,591	,187
	X	1,245	,082	,991	15,178	,000

a. Abhängige Variable

Durch die in Tabelle 23 berechneten Koeffizienten erhält man die Korrekturformel für drei Stunden aggregierte Werte:

zum und vom Gerät: $y = -39,899 + 1,245 \cdot x$ [11]

Aggregation auf 3 Stunden:

y... Anzahl der Radfahrer am Video= die Realität

x... Anzahl der Radfahrer vom Radar erfasst

Da die Richtung bei der Aggregation auf 3 Stunden nicht mehr signifikant ist, gibt es nur noch eine Formel. Dies ist auf den zu geringen Datensatz (3 Datenpunkte pro Richtung) zurückzuführen und daher nur mit Vorsicht zu betrachten. Bei einer größeren Datenmenge würde aber die Richtung wie bei 1) und 2) ebenfalls eine Rolle spielen.

Bei den drei verschiedenen Zeitspannen (0,5; 1; 3h) beim Aggregieren erkennt man, dass die genaueste Ausgleichsgerade, das heißt, die mit dem höchsten Bestimmtheitsmaß R^2 , diejenige ist, die auf Basis der 1h-Werte erstellt wurde ($R^2=0,990$). Die Datenbasis war jedes Mal dieselbe mit dem Unterschied der verschiedenen Aggregierungszeitspannen und damit der Anzahl der Wertepaare.

Berechnungsbeispiel für die Anzahl:

Angenommen, man möchte die verbesserte stundenweise Anzahl der Radfahrer an einem Tag wissen. Dann geht man folgendermaßen vor:

- Aggregation der Radardaten auf volle Stunden getrennt nach der Richtung

zum Beispiel:

8-9 Uhr:	zum Gerät $A_{\text{Radar}} = 57$
	vom Gerät $A_{\text{Radar}} = 37$
9-10 Uhr :	zum Gerät $A_{\text{Radar}} = 63$
	vom Gerät $A_{\text{Radar}} = 26$
10-11 Uhr:	zum Gerät $A_{\text{Radar}} = 108$
	vom Gerät $A_{\text{Radar}} = 97$
11-12 Uhr:	zum Gerät $A_{\text{Radar}} = 244$
	vom Gerät $A_{\text{Radar}} = 177$ usw.

- Verbesserung dieser Werte mit den Korrekturformeln für Stundenwerte [9,10]

$$A_{\text{zumGerät}} = 4,355 + 1,144 \cdot A_{\text{Radar}} \quad [=9]$$

$$A_{\text{vomGerät}} = -13,252 + 1,144 \cdot A_{\text{Radar}} \quad [=10]$$

→ verbesserte Werte:

8-9 Uhr:	zum Gerät $A = 70$
	vom Gerät $A = 29$
9-10 Uhr :	zum Gerät $A = 76$
	vom Gerät $A = 16$
10-11 Uhr:	zum Gerät $A = 128$
	vom Gerät $A = 98$
11-12 Uhr:	zum Gerät $A = 283$
	vom Gerät $A = 189$

(Rundung auf ganzzahlige Werte)

5.2 Korrekturfaktor für die Geschwindigkeit

Zur Korrektur der vom Radargerät aufgezeichneten Geschwindigkeiten wurden sie mit denen aus der Videobeobachtung gemessenen (Fehler: $\Delta v = 0,7$ km/h; siehe [3] und [4]) verglichen und in einem Streudiagramm dargestellt. Die Verbesserung wurde mittels linearer Regression durchgeführt.

Das in dieser Diplomarbeit vorgestellte Messverfahren für die Geschwindigkeit konnte als ausreichend genau eingestuft werden. Die berechnete Messungenauigkeit von 0,7 km/h (siehe Tabelle 6) ist bei der Auswertung im Streudiagramm mittels linearer Regression nicht relevant, da jeder Punkt in etwa gleich streut und so der Mittelwert genommen werden kann. Die Kenntnis der Regressionsgleichung ermöglicht eine Berechnung der statistischen Kennwerte mit den Rohdaten und erst danach wird eine Verbesserung auf den wahren Wert durchgeführt. Eine lineare Abhängigkeit der am Video gemessenen Geschwindigkeit (y) mit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeit (x) war aufgrund des Streudiagramms in der Form $y=a+bx$ anzunehmen. Die Anpassung der Ausgleichsgeraden erfolgte nach der üblichen „Methode der kleinsten Quadrate“. Sie stellt eine Schätzung der korrelativen Bindung von y und x dar. [Konecny, WS 1999/2000]

5.2.1 Richtung zum Gerät

Vergleicht man nun die Geschwindigkeiten, die vom Radar und die aus dem Video gemessen wurden (Anzahl $n = 301$, siehe Abb. 35), so erkennt man, dass das Radargerät immer eine zu geringe Geschwindigkeit aufzeichnet. Bei der Richtung zum Gerät (Schwankung von 0,3 bis 1,4 km/h) ist im Schnitt die Abweichung zwischen Radargeschwindigkeit und Schätzung 0,85 km/h, wobei sie mit höheren Geschwindigkeiten kleiner wird.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 beträgt 0,864. Der Standardfehler beträgt 1,243.

Mittels linearer Regression wurden die Korrekturformeln berechnet. In den Abbildungen 35 bis 38 ist zu sehen, dass das Radargerät jeden dritten Geschwindigkeitswert aus messtechnischen Gründen (Ursachen siehe Kap. 2.2) [Sierzega, mündliche Auskunft] nicht messen kann (z. B.: 11, 14, 17, 20, ... km/h).

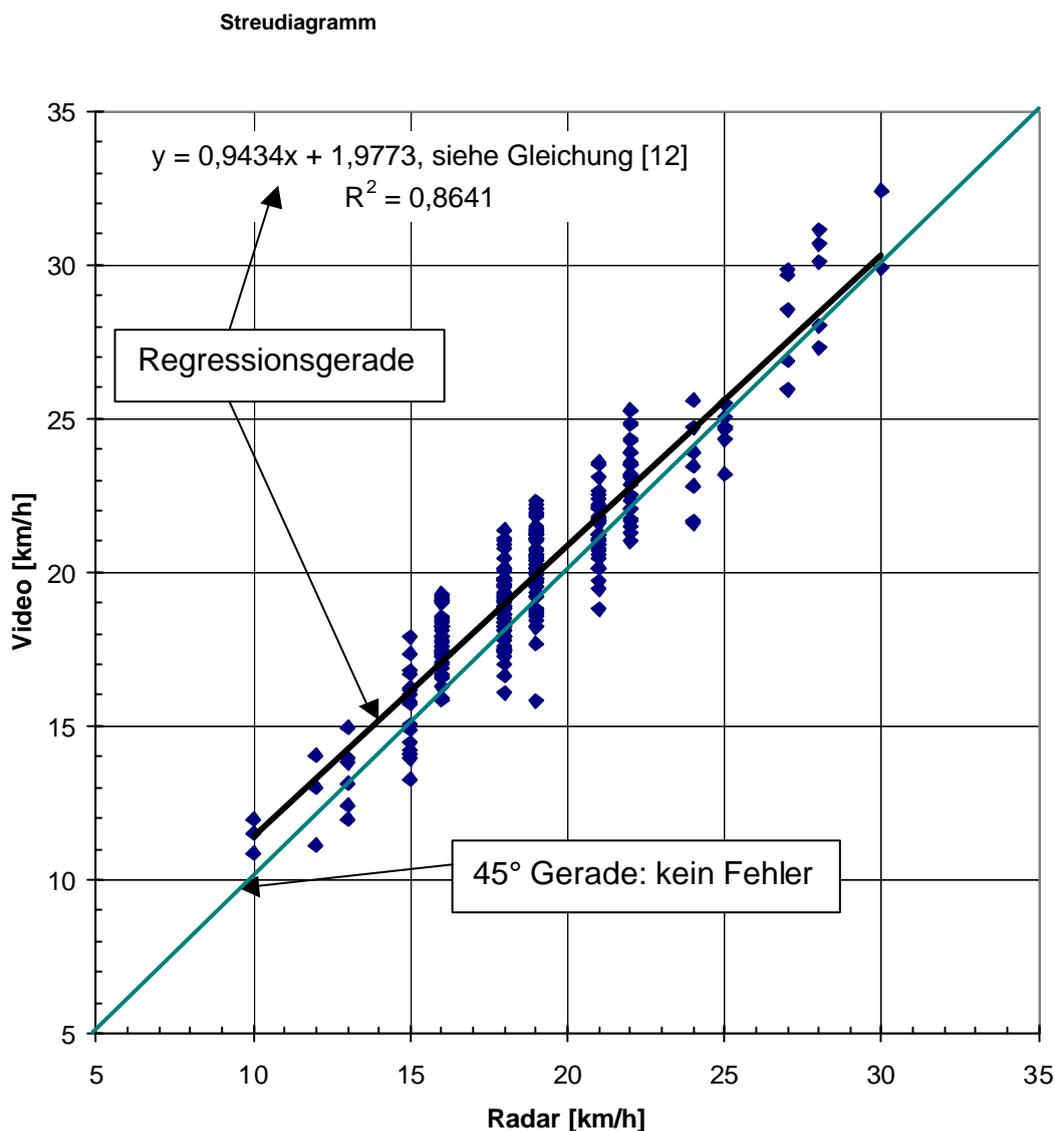


Abbildung 35: Streudiagramm der Geschwindigkeiten (donauabwärts)

Richtung zum Gerät (donauabwärts), Zählstelle 1 (Förthof), nur Radfahrer:

$$v [km/h] = 0,9434 \times v_{Radar} + 1,9773 \quad [12]$$

Mit der Gleichung [12] kann man nun die aufgezeichnete Radargeschwindigkeit durch Einsetzen verbessern. Die Schätzung (Verbesserung) der Geschwindigkeit (Tab. 24) mittels linearer Regression bestimmt die Punkte, die auf der Ausgleichsgeraden liegen.

Tabelle 24: Schätzung der Geschwindigkeit zum Gerät

Radargeschwindigkeit	Schätzung	Differenz
10	11,411	1,411
11	12,355	1,355
12	13,298	1,298
13	14,242	1,242
14	15,185	1,185
15	16,128	1,128
16	17,072	1,072
17	18,015	1,015
18	18,959	0,959
19	19,902	0,902
20	20,845	0,845
21	21,789	0,789
22	22,732	0,732
23	23,676	0,676
24	24,619	0,619
25	25,562	0,562
26	26,506	0,506
27	27,449	0,449
28	28,393	0,392
29	29,336	0,336
30	30,279	0,279

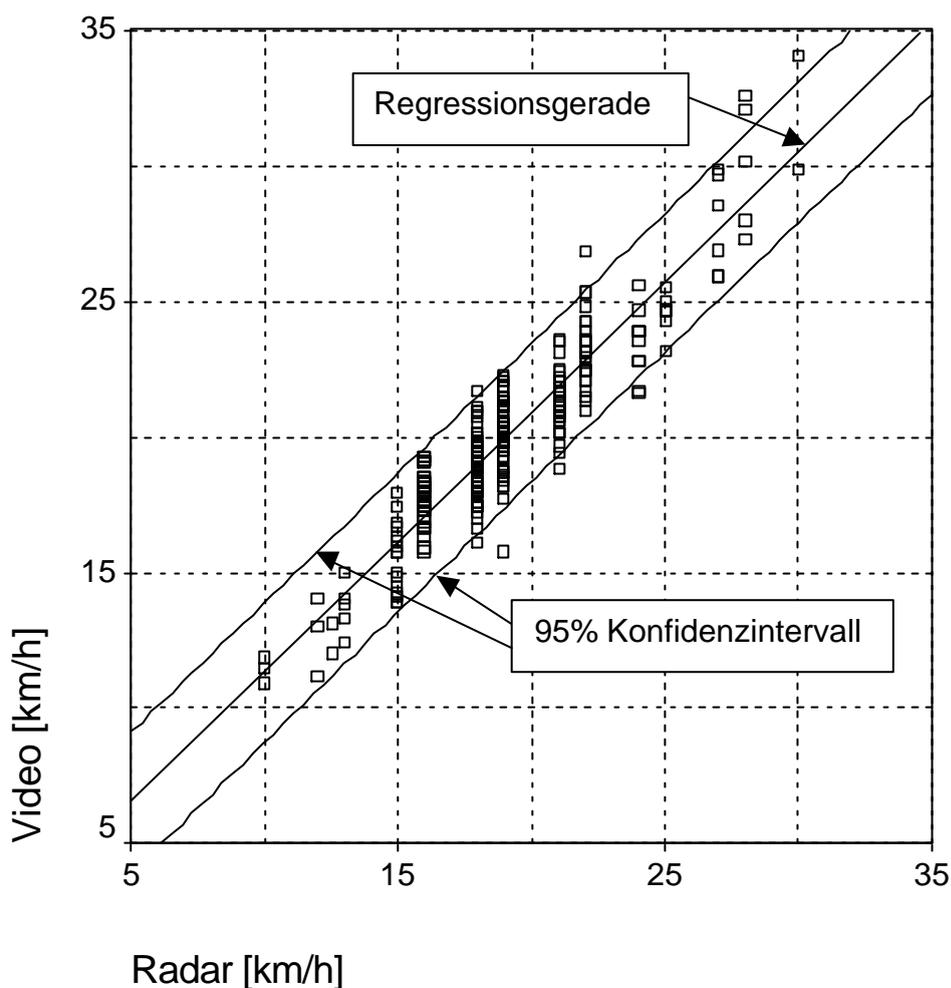


Abbildung 36: Streudiagramm der Geschwindigkeiten mit Angabe des Konfidenzniveaus (donauabwärts)

Das Konfidenzintervall (siehe Abb. 36 und 38) quantifiziert die Unsicherheit der Schätzung. Das hier gewählte Konfidenzniveau von 0,95 (d.h. $\alpha = 0,05$) lässt erwarten, dass in 95% aller Stichproben, der wahre Parameter innerhalb des Konfidenzintervalls liegt, in nur 5% außerhalb [Konecny, WS 1999/2000].

5.2.2 Richtung vom Gerät

Bei Betrachtung des Streudiagramms für diese Richtung (ausgewertete Geschwindigkeiten $n = 104$; Abb. 37) erkennt man, dass der Fehler in etwa konstant bei 1,6 km/h liegt (Schwankung von 1,4 bis 1,8 km/h, siehe Tab. 25). In dieser Richtung ist das Bestimmtheitsmaß noch höher und liegt bei 0,886. Der Standardfehler ist kleiner und beträgt 1,187

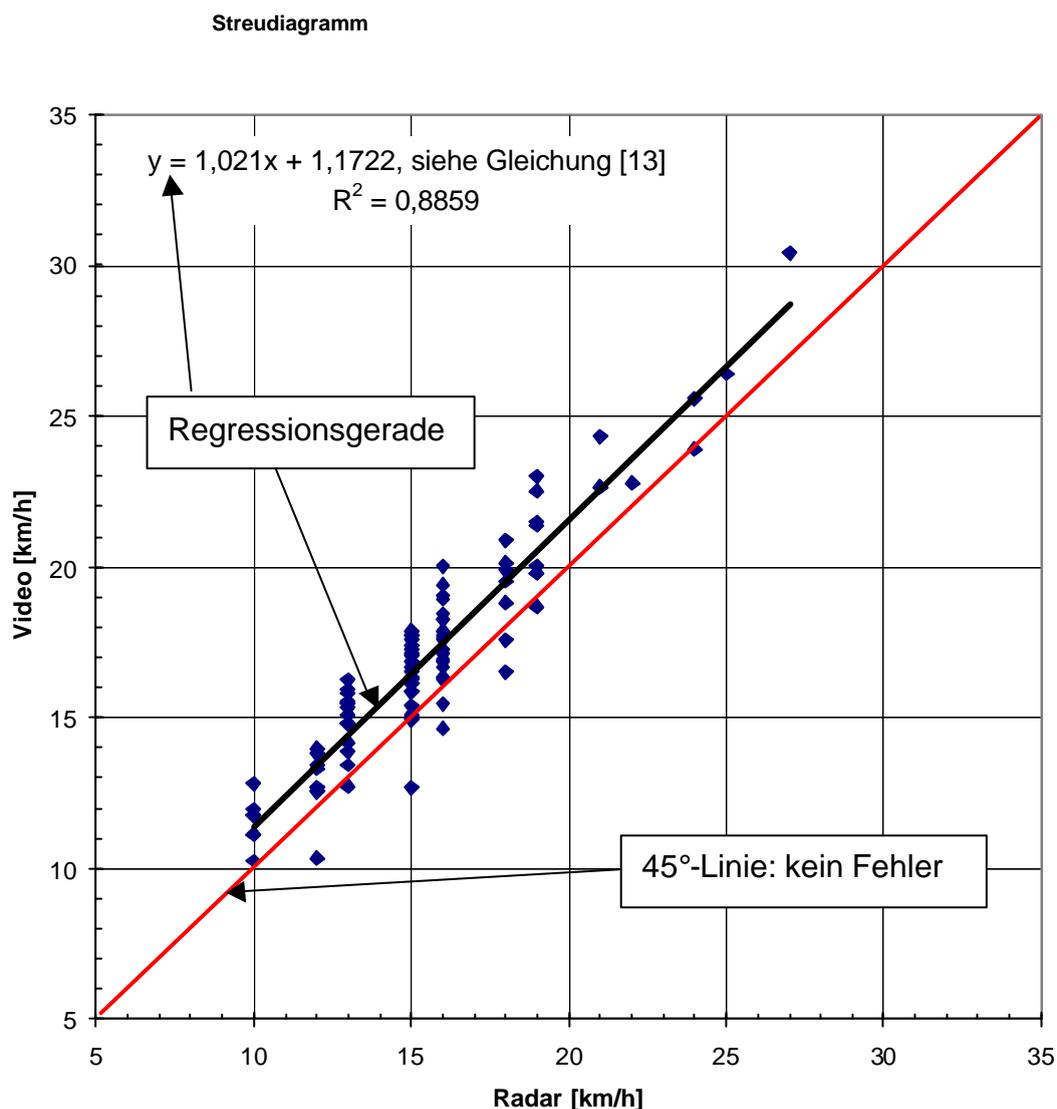


Abbildung 37: Streudiagramm der Geschwindigkeiten (donauaufwärts)

Richtung vom Gerät (donauaufwärts), Zählstelle 1 (Förthof), nur Radfahrer:

$$v = 1,0210 \times v_{\text{Radar}} + 1,1722$$

[13]

Tabelle 25: Schätzung der Geschwindigkeit vom Gerät

Radargeschwindigkeit	Schätzung	Differenz
10	11,382	1,382
11	12,403	1,403
12	13,424	1,424
13	14,445	1,445
14	15,466	1,466
15	16,487	1,487
16	17,508	1,508
17	18,529	1,529

18	19,550	1,550
19	20,571	1,571
20	21,592	1,592
21	22,613	1,613
22	23,634	1,634
23	24,655	1,655
24	25,676	1,676
25	26,697	1,697
26	27,718	1,718
27	28,739	1,739
28	29,760	1,760
29	30,781	1,781
30	31,802	1,802

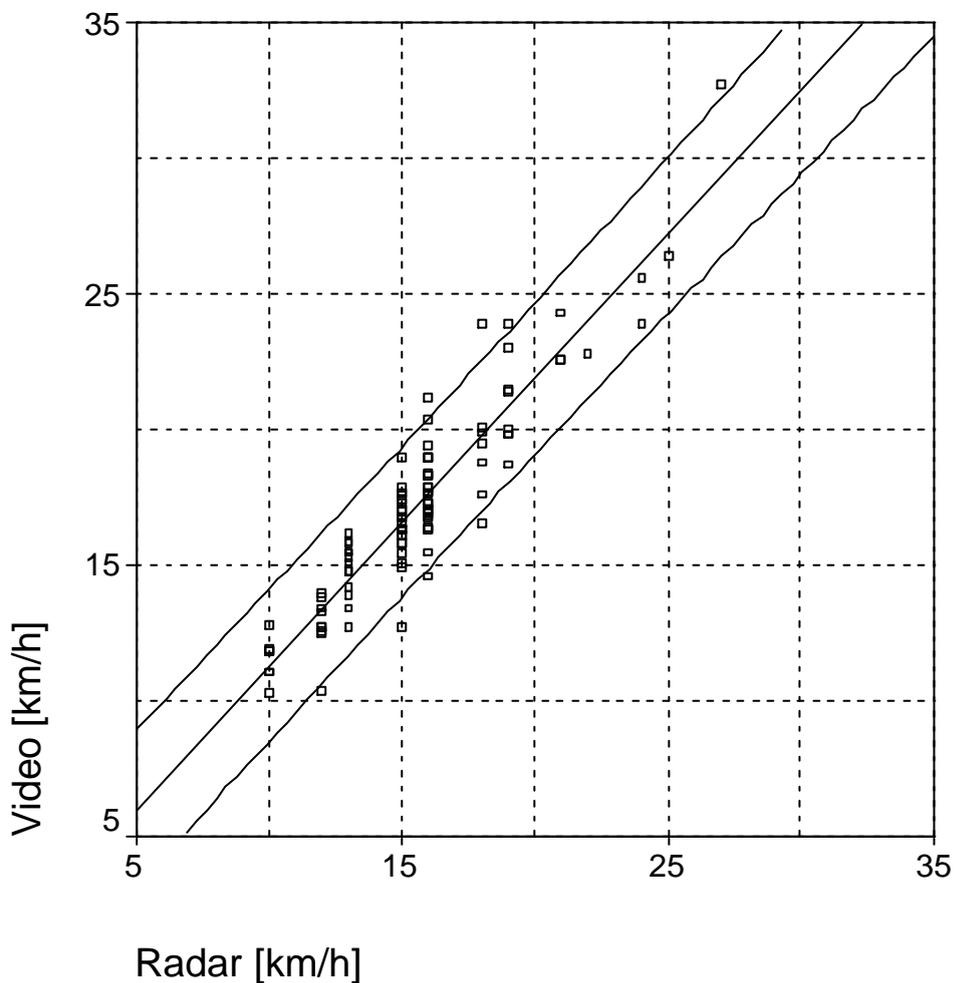


Abbildung 38: Streudiagramm der Geschwindigkeiten mit Angabe des Konfidenzniveaus (donauaufwärts)

5.2.3 Berechnungsbeispiel für die Geschwindigkeit

Bei der Auswertung des Geschwindigkeitsniveaus von einer Zählstelle will man die mittlere Geschwindigkeit für die beiden Richtungen wissen.

- Berechnung der mittleren Geschwindigkeit v_m [km/] mit den aufgezeichneten Radardaten. z.B.:
 - zum Gerät 19,92
 - vom Gerät 17,43
- Verbesserung durch Einsetzen in die Regressionsgleichungen [12,13]:
 - zum Gerät $\rightarrow v_m$ [km/] = 20,77
 - vom Gerät $\rightarrow v_m$ [km/] = 18,97

6. Kennwerte der Zählstellen Thallern und Theiß

6.1 Zählstelle 2 (Thallern)

Durch die relativ kurze Beobachtungszeit von etwa vier Stunden, kann nur sehr eingeschränkt eine Aussage bezüglich der Fehler bei der Anzahl gemacht werden (Tab. 26).

Tabelle 26: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenützer (Thallern)

Art der Verkehrsteilnehmer		Videobeobachtung	Radargerät	Korrekturfaktor
zum Gerät donauaufwärts	Radfahrer	30	12	2,5
	Fußgänger	0	0	
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	2	0	
	Rollstuhlfahrer	0	0	
	Auto	0	0	
	Summe	32	12	2,6667
vom Gerät donauabwärts	Radfahrer	76	51	1,4902
	Fußgänger	0	0	
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	0	0	
	Rollstuhlfahrer	0	0	
	Auto	1	1	1,0
	Summe	77	52	1,4808
gesamt	Radfahrer	106	63	1,6825
	Fußgänger	0	0	
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	2	0	
	Rollstuhlfahrer	0	0	
	Auto	1	1	1,0
	Summe	109	64	1,7031

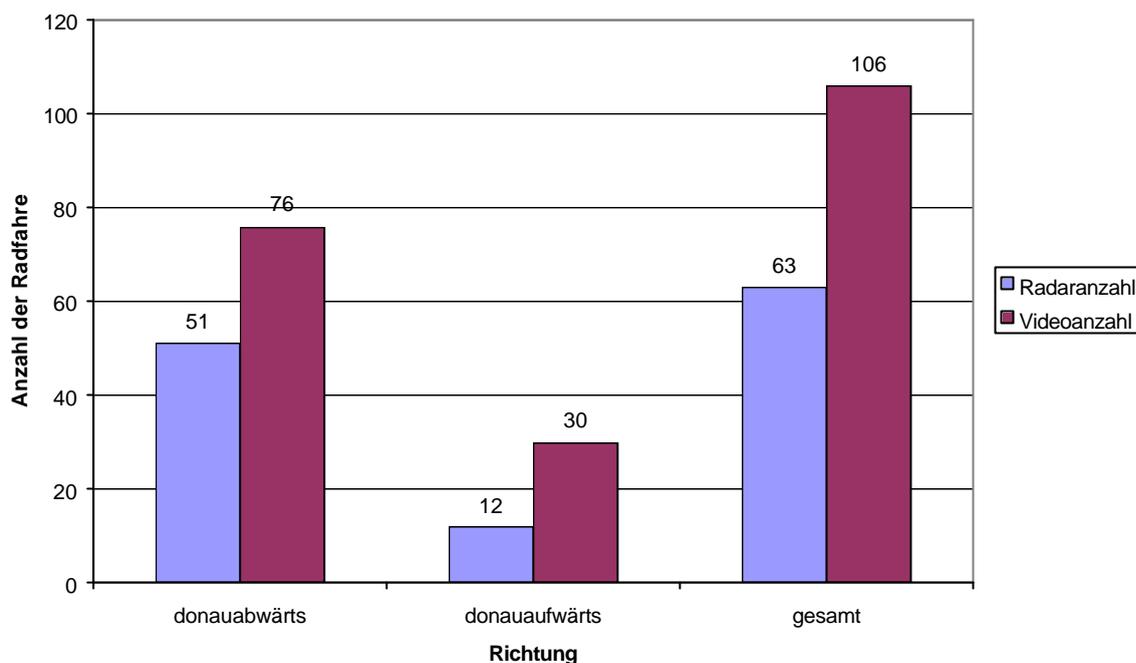


Abbildung 39: Vergleich der Radardaten mit denen der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer; Zählstelle 2 (Thallern)

Wie man aus diesem Diagramm (Abb. 39) erkennen kann, zählt das Radargerät viel weniger Radfahrer als tatsächlich vorbeifahren. Dies ist auf eine Besonderheit dieser Zählstelle zurückzuführen: Da diese Stelle 2 nicht in der unmittelbaren Nähe von Krems liegt, gibt es dort nur Freizeitverkehr und zwar hauptsächlich in Gruppen von mehr als drei Leuten, die den Donauradweg Passau-Wien befahren. In Radwanderkarten ist der Verlauf des Radweges Passau-Wien folgendermaßen eingezeichnet: westlich der Donaubrücke am linken Ufer (Zählstelle 1 (Förthof)) – östlich am rechten Ufer (Zählstelle 2 (Thallern)) → dies bedingt eine Querung der Donau in Krems.

Einzelfahrten gibt es sehr wenige, daraus ergibt sich ein großer Gesamtfehler. Durch die geringe Anzahl an Radfahrern ergibt sich eine noch geringere Datenbasis bezüglich der Anordnung. Zusammenfassend kann man aber sagen, dass die Nebeneinanderfahrten auch bei dieser Zählstelle sehr schlecht (zu wenig) aufgezeichnet werden. Ähnlich ist es bei den Anordnungen versetzt und kleiner 2 m. Einzelfahrten konnten vor allem in der Richtung vom Gerät recht gut erfasst werden. Die Summe der Einzelfahrten war in etwa die gleiche wie die Fälle nebeneinander und versetzt zusammen.

Lediglich ein Auto fuhr zu dieser Zeit vorbei und wurde auch falsch, nämlich nur als ein Objekt, gezählt.

Die zwei vorbeifahrenden Inlineskater wurden richtig erfasst.

Bei Durchsicht aller aufgezeichneten Geschwindigkeiten fällt auf, dass viele Radwegbenutzer sehr schnell unterwegs sind, was auf ein Benutzen des Radweges auch von Autos, Mopeds oder ähnlichem hinweist. Gemessene Geschwindigkeiten über 100 km/h kann man sich allerdings nur mit Messfehlern wie Wind oder anderen Reflexionen erklären, da etwa 100 m vor der Zählstelle eine relativ scharfe Kurve existiert.

6.2 Zählstelle 3 (Theiß)

Auch hier wurden sehr wenig Vergleichsdaten erfasst (Tab. 27), deshalb kann auch hier nur mit Vorsicht eine Aussage getroffen werden.

Tabelle 27: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenutzer (Theiß)

Art der Verkehrsteilnehmer		Videobeobachtung	Radargerät	Korrekturfaktor
zum Gerät donauabwärts	Radfahrer	26	20	1,3
	Fußgänger	2	1	2
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	0	0	
	Moped	2	2	1
	Auto	1	3	0,3333
	Summe	31	26	1,1923
vom Gerät donauaufwärts	Radfahrer	17	13	1,3077
	Fußgänger	0	0	
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	0	0	
	Rollstuhlfahrer	0	0	
	Auto	3	9	0,3333
	Summe	20	22	0,9091
gesamt	Radfahrer	43	33	1,3030
	Fußgänger	2	1	2
	Jogger	0	0	
	Inlineskater	0	0	
	Moped	2	2	1
	Auto	4	12	0,3333
	Summe	51	48	1,0625

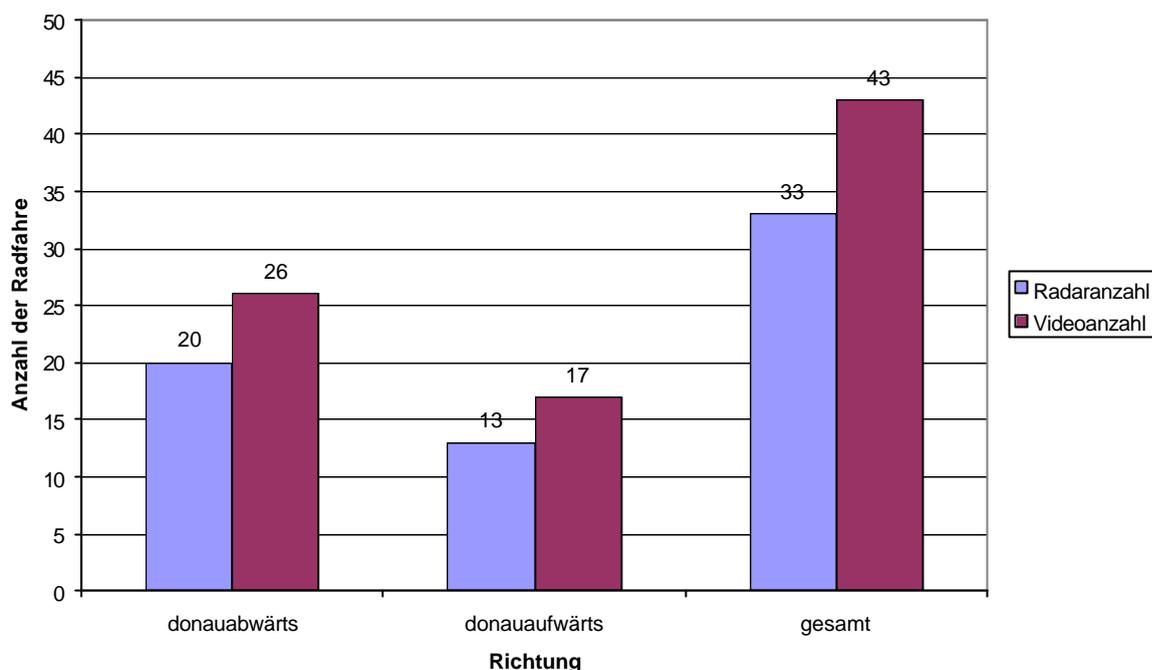


Abbildung 40: Vergleich der Radardaten mit denen der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer; Zählstelle 3 (Theiß)

Nach diesem Diagramm (Abb. 40) zu urteilen, erkennt man auch einen großen Fehler bei der Aufzeichnung der Radfahrer.

Bei näheren Untersuchungen bezüglich der Anordnung (keine Grafik vorhanden) erkennt man, dass die Einzelfahrten recht gut, die Gruppenfahrten allerdings wieder sehr schlecht erfasst werden. Der Fehler liegt an dieser Stelle im Bereich der Zählstelle 1 (Förthof) was sich mit der Charakteristik bezüglich der Anordnung erklären lässt. An dieser Zählstelle sind die Gruppenfahrten nicht so ausgeprägt wie an der Zählstelle 2 (Thallern). Durch eine gute Erfassung der Einzelfahrten bleibt der Gesamtfehler relativ klein.

Autos wurden jeweils mit drei Datensätzen gespeichert, was auf eine falsche Einstellung des Radarmoduls zurückzuführen sein könnte.

Bei der Geschwindigkeitsauswertung erkennt man eine große Anzahl an Fahrten mit Geschwindigkeiten größer als 40 km/h, die nicht selten die 80 km/h Grenze erreichen, was auf eine oftmalige Benützung des Radweges durch Autos, Mopeds oder ähnlichem schließen lässt.

7. Korrekturfaktoren der Anzahl in der Praxis

Um die Radardaten in der Praxis nach der Anzahl zu verbessern, muss man sich überlegen, in welcher Zeitspanne (Tagesganglinien oder Monatsganglinien) die Daten aufbereitet werden sollen.

7.1 Tagesganglinien

Die abgeleiteten Korrekturformeln wurden pro Richtung für je drei Zeitabschnitte im Kapitel 5.1 berechnet, um eine Auswahlmöglichkeit für eine tageszeitliche Analyse zu geben (nur Zählstelle 1, Förthof).

➤ Anzahl im Halbstundenintervall:

Wenn man die Anzahl der Radwegbenützer von einem Tag in Halbstundenintervalle aufgliedern will, verwendet man zur Verbesserung dieser Daten folgende Formeln:

$$A_{\text{zumGerät}} = 2,605 + 1,141 \cdot A_{\text{Radar}} \quad [=7]$$

$$A_{\text{vomGerät}} = -7,375 + 1,141 \cdot A_{\text{Radar}} \quad [=8]$$

Berechnungsbeispiel:

- Aggregation der Radardaten auf halbe Stunden getrennt nach der Richtung zum Beispiel:

$$8^{30}\text{-}9^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A_{\text{Radar}} = 27$$

$$\text{vom Gerät } A_{\text{Radar}} = 17$$

$$9^{00}\text{-}9^{30} \text{ Uhr: zum Gerät } A_{\text{Radar}} = 43$$

$$\text{vom Gerät } A_{\text{Radar}} = 25$$

- Verbesserung dieser Werte mit den Korrekturformeln für Halbstundenintervalle [7, 8]

$$\rightarrow \text{verbesserte Werte: } 8^{30}\text{-}9^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A = 33$$

$$\text{vom Gerät } A = 12$$

$$9^{00}\text{-}9^{30} \text{ Uhr: zum Gerät } A = 52$$

$$\text{vom Gerät } A = 21$$

(Rundung auf ganzzahlige Werte)

➤ **Anzahl im Ein-Stundenintervall:**

Bei Aufgliederung des Tages in volle Stunden, verwendet man zur Verbesserung der Anzahl der Radwegbenützer folgende Formel:

$$A_{zumGerät} = 4,355 + 1,144 \cdot A_{Radar} \quad [=9]$$

$$A_{vomGerät} = -13,252 + 1,144 \cdot A_{Radar} \quad [=10]$$

Berechnungsbeispiel:

- Aggregation der Radardaten auf volle Stunden getrennt nach der Richtung zum Beispiel:

$$8^{00}-9^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A_{Radar} = 57$$

$$\text{vom Gerät } A_{Radar} = 46$$

$$9^{00}-10^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A_{Radar} = 56$$

$$\text{vom Gerät } A_{Radar} = 34$$

- Verbesserung dieser Werte mit den Korrekturformeln für Ein-Stundenintervalle [9, 10]

→ verbesserte Werte: $8^{00}-9^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A = 70$

$$\text{vom Gerät } A = 39$$

$$9^{00}-10^{00} \text{ Uhr: zum Gerät } A = 68$$

$$\text{vom Gerät } A = 26$$

(Rundung auf ganzzahlige Werte)

➤ **Anzahl im Drei-Stundenintervall:**

Aufgrund der nur gering vorhandenen Datensätze beim drei Stunden Intervall ist es aus statistischen Gründen nicht korrekt diese Korrekturformeln [11 und 12] zu übernehmen.

$$A_{zumGerät} = -39,899 + 1,245 \cdot A_{Radar} \quad [=11]$$

$$A_{vomGerät} = -39,899 + 1,245 \cdot A_{Radar} \quad [=12]$$

Bei einer genaueren Untersuchung würde die Regressionsanalyse auch für dieses Intervall richtungsabhängige Formeln mit einer Steigung von ungefähr 1,14 berechnen.

7.2 Monatsganglinie

Falls nur Tageswerte von Interesse sind, verwendet man folgende Korrekturfaktoren (grafische Darstellung in den Abb. 41 bis 43), die sich auf alle beobachteten Radwegbenützer beziehen, zählstellenspezifisch und richtungsabhängig sind (Tab. 7, 26 und 27).

➤ **Zählstelle 1 (Förthof) – Abb. 41**

Richtung zum Gerät (donauabwärts):	1,1798 (n= 1240)
Richtung vom Gerät (donauaufwärts):	0,9221 (n= 497)

➤ **Zählstelle 2 (Thallern) – Abb. 42**

Richtung vom Gerät (donauabwärts):	1,4808 (n= 77)
Richtung zum Gerät (donauaufwärts):	2,6667 (n= 32)

➤ **Zählstelle 3 (Theiß) – Abb. 43**

Richtung zum Gerät (donauabwärts):	1,1923 (n= 31)
Richtung vom Gerät (donauaufwärts):	0,9091 (n= 20)

n...Anzahl der am Video beobachteten Radwegbenützer

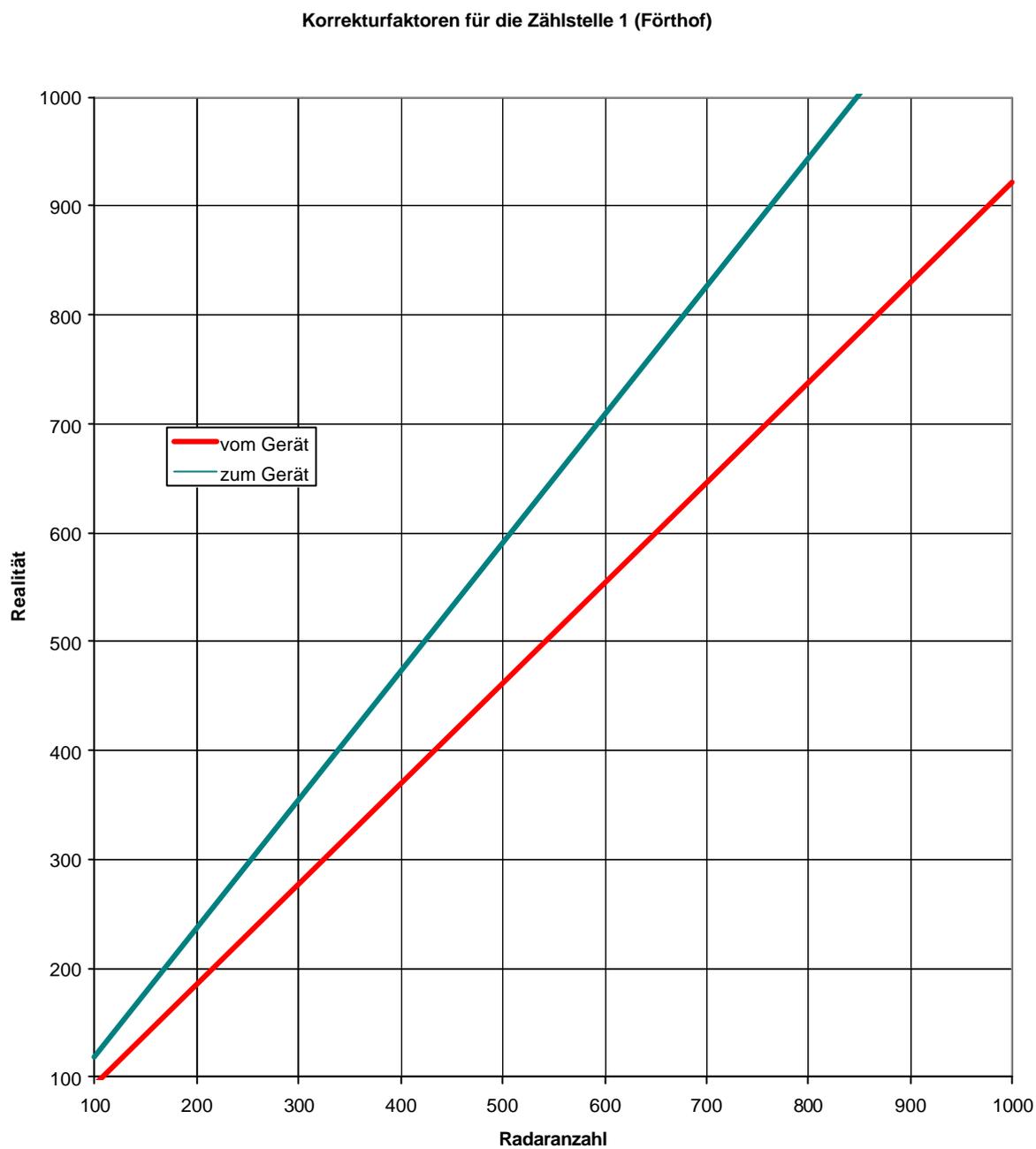


Abbildung 41: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 1 (Förthof)

Korrekturfaktoren für die Zählstelle 2 (Thallern)

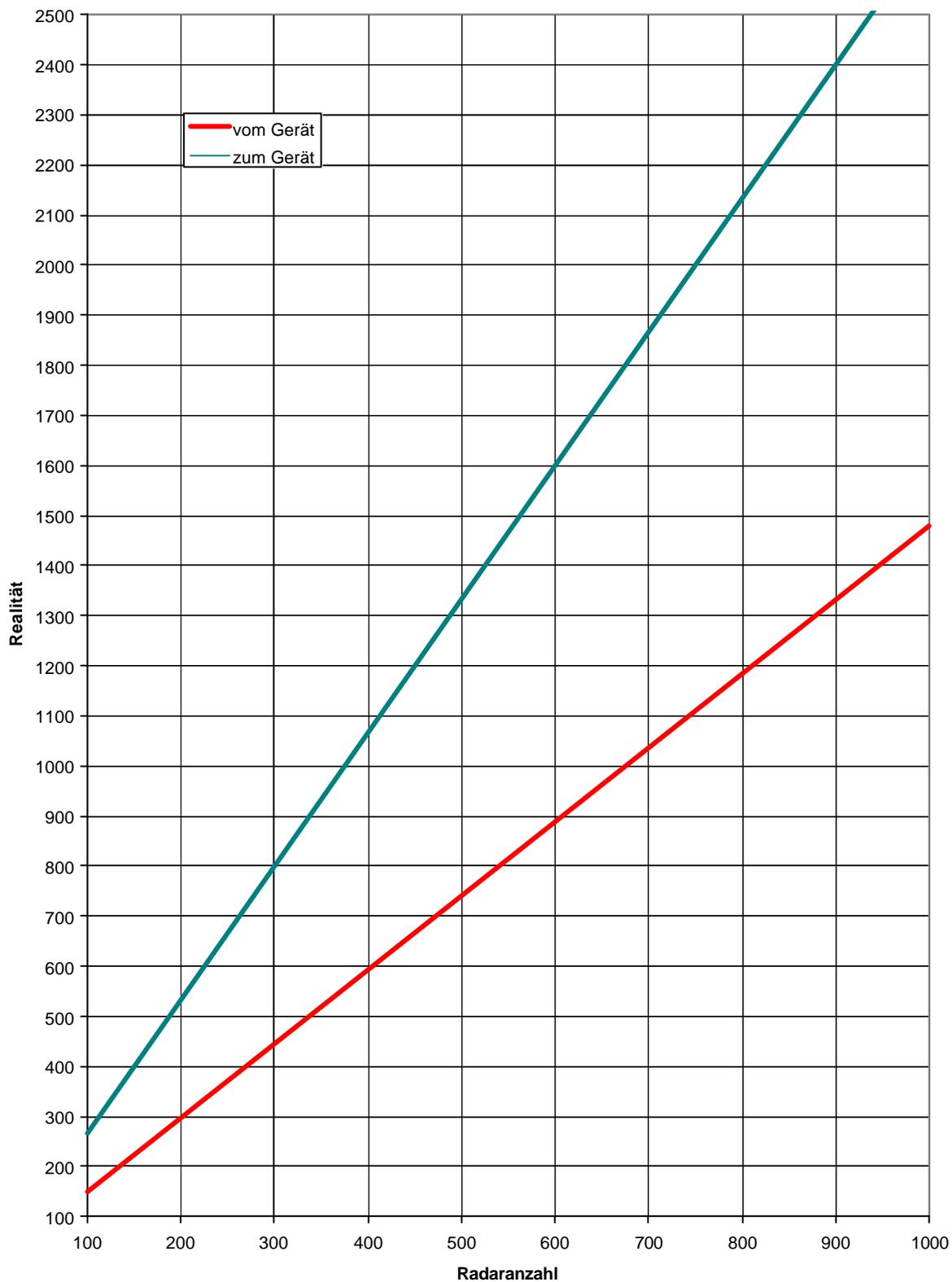


Abbildung 42: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 2 (Thallern)

Korrekturfaktoren für die Zählstelle 3 (Theiß)

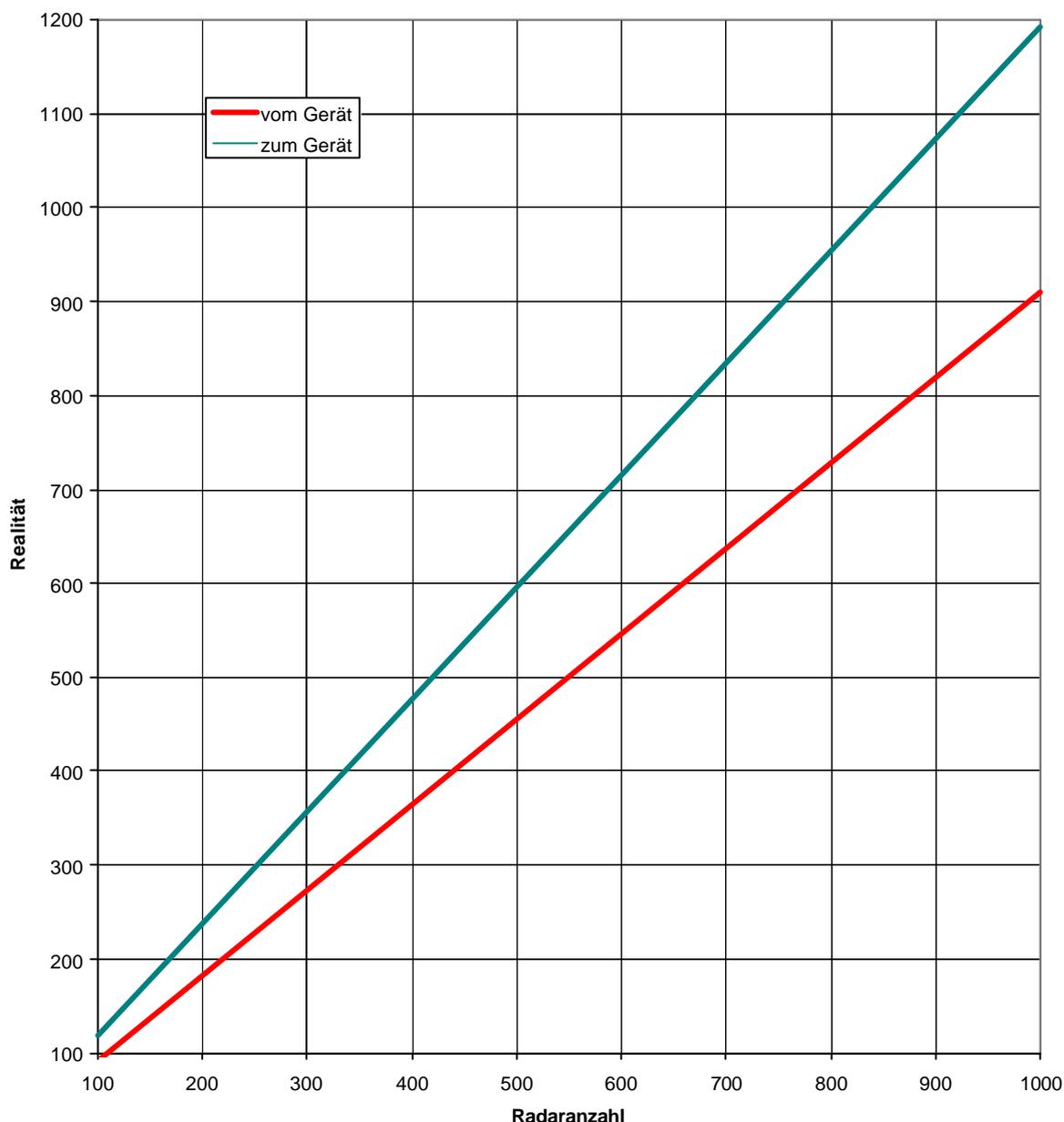


Abbildung 43: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 3 (Theiß)

In den folgenden drei Tabellen (28 bis 30) wird die mit den Korrekturfaktoren korrigierte Anzahl der Radwegbenützer (vor allem Radfahrer) pro Monat beziehungsweise pro Jahr aller drei Zählstellen aufgelistet. Man erkennt, dass die Radwege in den Sommermonaten (z. B. Zählstelle 1, Förthof: Juli und August 2001 in etwa 80.000 Radwegbenützer) sehr stark frequentiert sind. Bei der Zählstelle 1 (Förthof) wurden im Sommer bis zu 1000 Radwegbenützer (donauabwärts) pro Tag gezählt.

Die Radwegbenützer pro Tag ergeben sich aus der Gesamtsumme dividiert durch die Tage mit Daten. Die Ausfallsquote in Prozent wird berechnet, indem man die Ausfallstage durch die Gesamtstage dividiert. Man erkennt einen kompletten Ausfall (100% Ausfallsquote) in den Wintermonaten (siehe Kap. 2.4).

Bei Verfolgung des Verkehrsstroms donauabwärts erkennt man, dass der größte Anteil über die Donaubrücke und anschließend auf dem rechten Donauufer weiterfährt (siehe Kap. 2.1) und ein kleinerer Anteil fährt am linken Donauufer weiter. $\frac{1}{4}$ der Radwegbenützer, die bei der Zählstelle 1 (Förthof) vorbeikommen, werden donauabwärts von den anderen beiden Zählgeräten nicht mehr registriert, das bedeutet, dass sie entweder den Radweg nördlich Richtung Waldviertel weiterfahren, oder dass in Krems ihr Weg endet (Einkaufs- und Ausbildungsverkehr).

Von März 2001 bis Juli 2002 erkennt man bei den vorhandenen Daten, dass in Summe 800 Radwegbenützer pro Tag bei der Zählstelle 1 (Förthof) vorbeikamen. Bei den weniger frequentierten Zählstellen 2 und 3 liegt dieser Schnitt bei 480 beziehungsweise bei 130 Radwegbenützern pro Tag.

Tabelle 28: Anzahl der Radwegbenützer und Ausfallsquote, Zählstelle 1 (Förthof)

Monate	Zählstelle 1 (Förthof)		Radwegbenützer/ Radwegbenützer/		Tage mit Daten	Ausfallstage	Ausfallsquote [%]
	donauabwärts	donauaufwärts	donauabwärts	donauaufwärts			
März	1382	1323	51,2	49,0	27	4	12,90
April	5084	3454	195,5	132,8	26	4	13,33
Mai	18568	8310	599,0	268,1	31	0	0,00
Juni	22492	7025	749,7	234,2	30	0	0,00
Juli	28274	10509	912,1	339,0	31	0	0,00
August	30241	10801	975,5	348,4	31	0	0,00
September	1216	849	304,0	212,3	4	26	86,67
Oktober	2353	1595	336,1	227,9	7	24	77,42
November	0	0			0	30	100,00
Dezember	0	0			0	31	100,00
2001	109610	43866	586,1	234,6	187	119	38,89
Jänner	0	0			0	31	100,00
Februar	0	0			0	28	100,00
März	0	0			0	31	100,00
April	1828	1685	91,4	84,3	20	10	33,33
Mai	12026	6845	387,9	220,8	31	0	0,00
Juni	19441	7951	648,0	265,0	30	0	0,00
Juli	25571	9321	824,9	300,7	31	0	0,00
2002	58866	25802	525,6	230,4	112	100	47,17
gesamt	168476	69668	563,5	233,0	299	219	42,28
alle Daten	238144		796,5		518		

Tabelle 29: Anzahl der Radwegbenutzer und Ausfallsquote, Zählstelle 2 (Thallern)

Monate	Zählstelle 2 (Thallern)		Radwegbenutzer/ Radwegbenutzer/		Tage mit Daten	Ausfallstage	Ausfallsquote [%]
	donauabwärts	donauaufwärts	Tag donauabwärts	Tag donauaufwärts			
März	1254	2355	46,4	87,2	27	4	12,90
April	4448	5085	171,1	195,6	26	4	13,33
Mai	16754	11725	540,5	378,2	31	0	0,00
Juni	19086	7192	681,6	256,9	28	2	6,67
Juli	7095	2843	337,9	135,4	21	10	32,26
August	16154	5816	521,1	187,6	31	0	0,00
September	3116	1373	259,7	114,4	12	18	60,00
Oktober	499	331	99,8	66,2	5	26	83,87
November	0	0			0	30	100,00
Dezember	0	0			0	31	100,00
2001	68406	36720	377,9	202,9	181	125	40,85
Jänner	0	0			0	31	100,00
Februar	0	0			0	28	100,00
März	0	0			0	31	100,00
April	2300	2312	115,0	115,6	20	10	33,33
Mai	6054	4496	232,8	172,9	26	5	16,13
Juni	1762	923	110,1	57,7	16	14	46,67
Juli	2842	904	135,3	43,0	21	10	32,26
2002	12958	8635	156,1	104,0	83	129	60,85
gesamt	81364	45355	308,2	171,8	264	254	49,03
alle Daten	126719		480,0		518		

Tabelle 30: Anzahl der Radwegbenutzer und Ausfallsquote, Zählstelle 3 (Theiß)

Monate	Zählstelle 3 (Theiß)		Radwegbenutzer/ Radwegbenutzer/		Tage mit Daten	Ausfallstage	Ausfallsquote [%]
	donauabwärts	donauaufwärts	Tag donauabwärts	Tag donauaufwärts			
März	644	491	23,9	18,2	27	4	12,90
April	889	512	35,6	20,5	25	5	16,67
Mai	604	225	120,8	45,0	5	26	83,87
Juni	2059	689	128,7	43,1	16	14	46,67
Juli	4519	1542	145,8	49,7	31	0	0,00
August	6762	1675	218,1	54,0	31	0	0,00
September	426	202	53,3	25,3	8	22	73,33
Oktober	932	456	54,8	26,8	17	14	45,16
November	0	0			0	30	100,00
Dezember	234	166	10,6	7,5	22	9	29,03
2001	17069	5958	93,8	32,7	182	124	40,52
Jänner	384	285	14,8	11,0	26	5	16,13
Februar	0	0			0	28	100,00
März	0	0			0	31	100,00
April	1532	3018	76,6	150,9	20	10	33,33
Mai	3530	1449	113,9	46,7	31	0	0,00
Juni	390	162	97,5	40,5	4	26	86,67
Juli	0	0			0	31	100,00
2002	5836	4914	72,0	60,7	81	131	61,79
gesamt	22905	10872	87,1	41,3	263	255	49,23
alle Daten	33777		128,4		518		

8. Verbesserung der Daten des Radargerätes

8.1 Anzahl

Die Anzahl der Verkehrsteilnehmer, die das Radargerät geliefert hat, werden mit den berechneten Korrekturfaktoren (siehe Kap. 7.2) verbessert grafisch dargestellt, wobei hier nur ein Beispiel für die Monate Juli und August 2001 der Zählstelle 1 (Förthof) angeführt wird (Abb. 44, 45). Die komplette grafische Auswertung für alle Zählstellen und vorhandenen Daten ist im Anhang B zu finden.

Grund der Datenlücken siehe Kapitel 2.4

Legende:

	Wochentag
■	Samstag und Sonntag
■	Feiertag

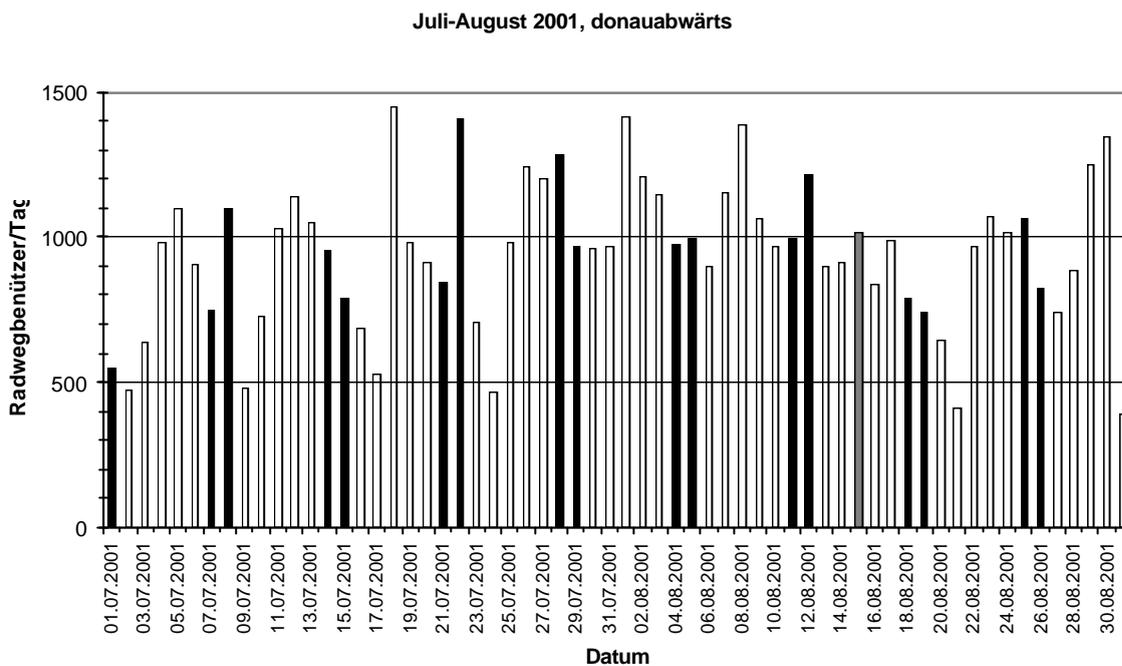


Abbildung 44: Zählstelle 1 (Förthof), Radwegbenützer/Tag (donauabwärts; Juli bis August 2001)

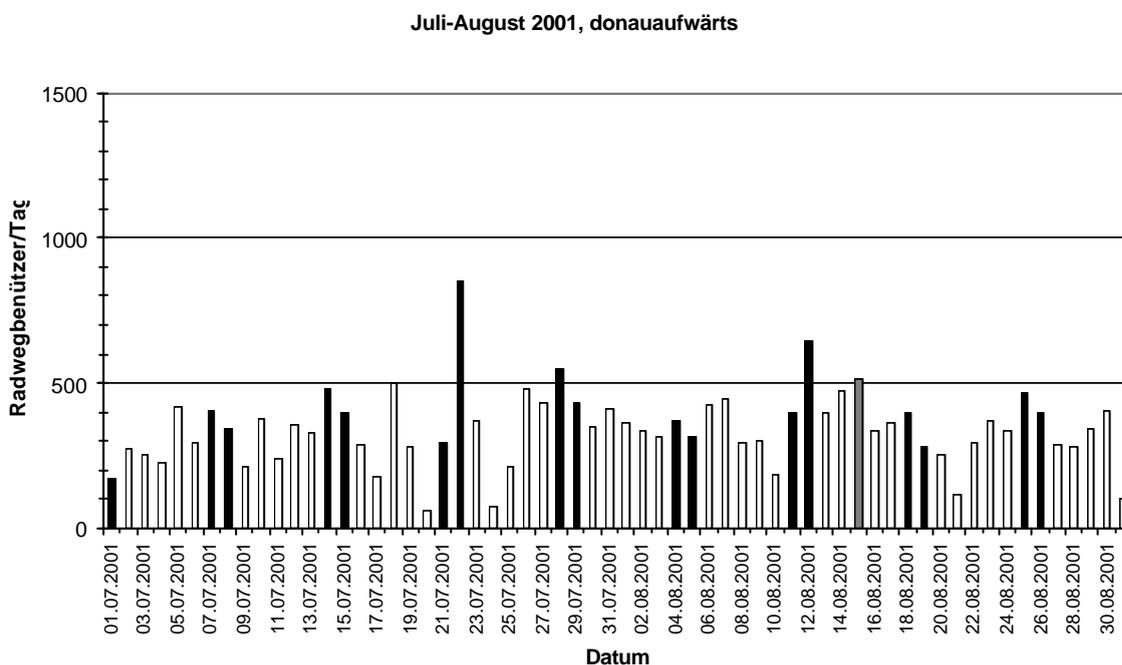


Abbildung 45: Zählstelle 1 (Förthof), Radwegbenützer/Tag (donauaufwärts; Juli bis August 2001)

8.2 Geschwindigkeiten

Die Geschwindigkeiten, die das Radargerät aufzeichnet, werden hier veranschaulicht. Die Datenbasis bezieht sich auf den Zeitraum von März 2001 bis Mai 2002. Die vom Radargerät aufgezeichneten Geschwindigkeiten (=Rohdaten) wurden zur statistischen Auswertung verwendet und erst dann die Korrektur nach den Regressionsgleichungen [12, 13] vorgenommen. Die Schätzung der Parameter (Tab. 24, 25) wurde nur für die Zählstelle 1 (Förthof) berechnet. Da jedoch die Aufstellungsart der Geräte (in einem Winkel von 45° zum Radweg) gleich ist, wurde die selbe Eichfunktion für alle Geräte verwendet. Unterschieden wird nur bei den Richtungen zum und vom Gerät. Bei der Zählstelle 1 (Förthof) und 3 (Theiß) ist die Richtung zum Gerät gleich der donauabwärts (siehe Kap. 2.1.1 bis 2.1.3). Bei der Zählstelle 2 (Thallern) wurde das Radargerät anders orientiert aufgestellt, sodass sich die Richtungen umdrehen.

Auffällig und deutlich sichtbar ist, dass jeder dritte Geschwindigkeitswert (8,11,14,17,... km/h) fehlt (Ursachen siehe Kap. 2.2); (Abb. 46). Unter der Annahme, dass die Hälfte der Werte der fehlenden Geschwindigkeitsklassen (8, 11, 14, ...km/h) jeweils ein Drittel der angrenzenden Klassen (7 und 9 für 8 km/h) ausmachen, können die fehlenden Klassen ergänzt werden. In Abb. 47 ist die so ergänzte und korrigierte Häufigkeitsverteilung für die Geschwindigkeit (Zählstelle 1, Förthof, donauabwärts) dargestellt. Die übrigen Verteilungen sind im Anhang C.

Tabelle 31: korrigierte mittlere Geschwindigkeiten der drei Zählstellen

Richtung	korrigierte mittlere Geschwindigkeit [km/h]	FÖRTHOF	THALLERN	THEISS
donauabwärts	19,00	20,77 (n=104623)	18,13 (n=51922)	18,11 (n=17927)
donauaufwärts	19,77	18,97 (n=56739)	20,23 (n=15976)	20,12 (n=10979)
gesamt	19,39	19,87	19,18	19,12

n... Anzahl der Datensätze zwischen 5 und 40 km/h von März 2001 bis Mai 2002

Die korrigierten mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Zählstellen (Tab. 31) lassen erkennen, dass im Durchschnitt (bei Einführung der Schranken von 5-40 km/h) mit etwa 19,4 km/h gefahren wird. Am schnellsten wird an der Stelle Förthof donauabwärts gefahren, was sich mit einem leichten Gefälle kurz vor der Messstelle begründen lässt. Die herausgefilterten höheren Geschwindigkeiten beziehen sich nur mehr auf Autos, Motorräder und Mopeds. Die Annahme, dass donauabwärts schneller gefahren wird, konnte nur im Fall der Stelle Förthof bestätigt werden. Man erkennt aber schon in dieser Tabelle, dass die Anzahl der Radwegbenutzer (n) in Richtung donauabwärts deutlich höher liegt als in Richtung donauaufwärts.

Øv...	arithmetisches Mittel der aufgezeichneten Geschwindigkeiten
Korr. Øv...	mit Regressionsgleichung korrigiertes arithmetisches Mittel der aufgezeichneten Geschwindigkeiten
s...	Standardabweichung
s ² ...	Varianz
g...	Schiefte
k...	Kurtosis

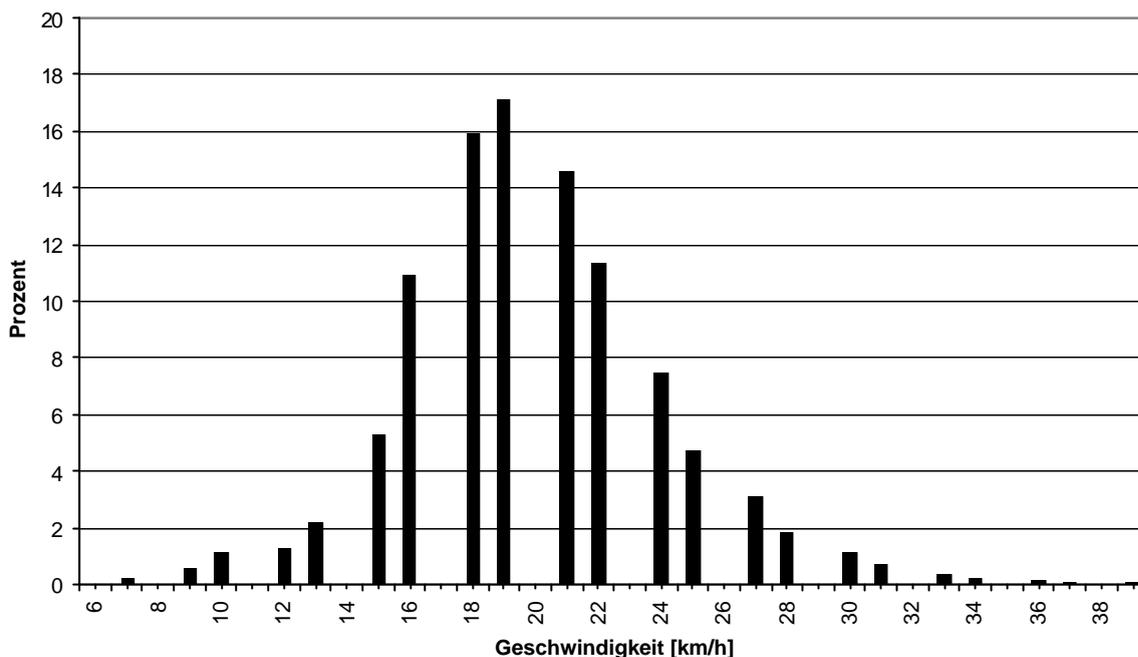


Abbildung 46: unkorrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (Zählstelle 1, Förthof, donauabwärts)

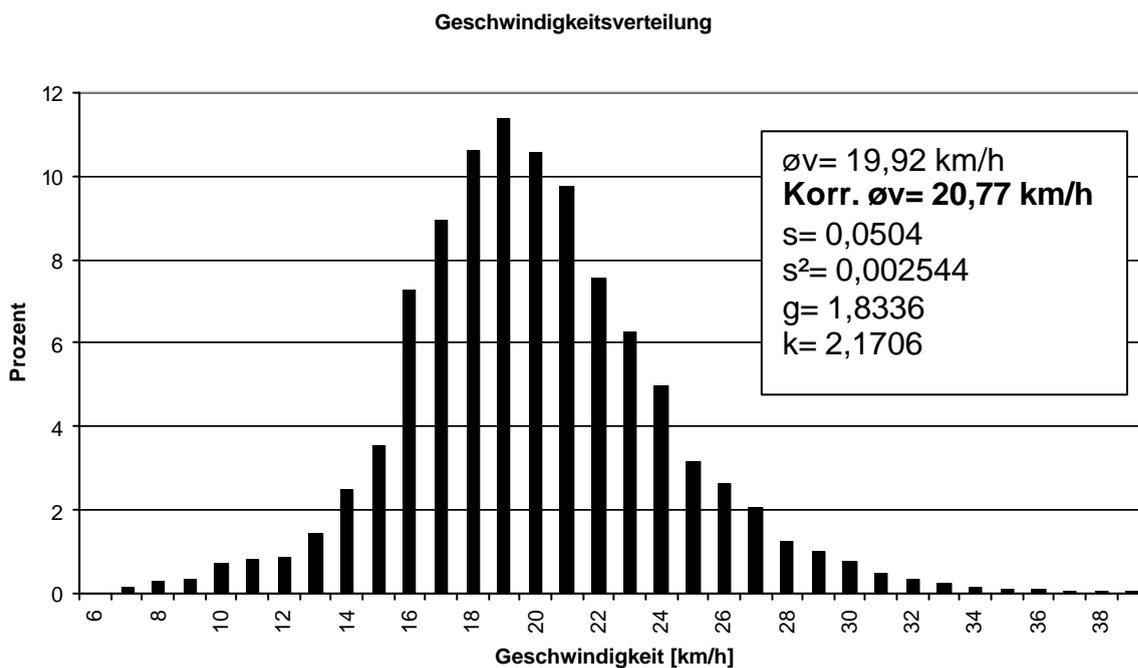


Abbildung 47: korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (Zählstelle 1, Förthof, donauabwärts)

9. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis

Die hier in dieser Arbeit angewendete Videobeobachtung ist für die Eichung von Radverkehrszählstellen aus folgenden Gründen sehr gut geeignet:

- Möglichkeit der Überprüfung der aufgezeichneten Geschwindigkeiten,
- richtiges Erfassen der Anzahl der Radwegbenützer nach der Richtung und
- Erkennen von verschiedenen Anordnungsfällen.

9.1 Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der Anzahl

Um eine sinnvolle statistische Auswertung zu ermöglichen, muss die Gesamtsumme der vom Video erfassten Radwegbenützer aufgegliedert werden. Das heißt, die aufgegliederten Gruppen müssen für sich eine gewisse Anzahl an beobachteten Radwegbenützern aufweisen. Nach folgenden Gruppenbildungen kann eine Auswertung erfolgen (siehe auch Kap. 4):

- Art der Verkehrsteilnehmer: bei einer statistischen Auswertung nach der Art der Verkehrsteilnehmer ist es nur möglich den Anteil der Radfahrer zu bearbeiten, denn der Rest der Radwegbenützer tritt in einer zu geringen Anzahl auf.
- Anordnung der Verkehrsteilnehmer: für diese drei Zählstellen wurden fünf verschiedene Fälle definiert (siehe Kap. 2).
- Geschwindigkeitsklassen der Verkehrsteilnehmer: um eine vollständige Erfassung der Radfahrer zu gewährleisten, genügt eine Auswertung im Bereich von 5-40 km/h, falls das nicht schon bei der Software des Radargerätes berücksichtigt wurde.
- Uhrzeit.

Diese Aufspaltung der Daten bedingt eine hohe Anzahl an beobachteten Radwegbenützern in der Größenordnung von ungefähr 2000 pro Zählstelle.

Für die Korrektur der Anzahl wurde eine multiple lineare Regression im Softwareprogramm SPSS verwendet, das für drei verschiedene Zeitintervalle und in der jeweiligen Richtung unterschiedliche Korrekturformeln berechnete (siehe Kap. 5.1).

Von einer händischen Zählung im Stundenbereich (im Gegensatz zu einer Videobeobachtung) und einer daraus abgeleiteten Korrektur muss aus statistischen Gründen abgeraten werden: Die unterschiedlichen Gruppenbildungen der Radfahrer werden beeinflusst durch verschiedene Wochentage, Wetterbedingungen und den Zweck der Fahrten. Dies könnte zu einem großen systematischen Fehler führen und eine falsche Genauigkeit vortäuschen.

Bei der Aufstellung der Radargeräte galt der Standort der Zählstelle 1 (Förthof) als nicht ideal für eine genaue Erfassung der Anzahl der Radwegbenützer, da man annahm, dass Reflexionen von Kraftfahrzeugen von der parallel zum Radweg verlaufenden Bundesstraße Verfälschungen bei der Datenerfassung hervorrufen würden. Im Laufe der Arbeit stellte sich jedoch heraus, dass die genaueste Erfassung der Radwegbenützer bei der Zählstelle 1 (Förthof) erfolgte, was wahrscheinlich auf die direkt neben dem Radweg verlaufende Mauer zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu können sich die vom Radargerät ausgestrahlten Radarwellen bei den anderen beiden Zählstellen ohne Hindernis ausbreiten, wodurch eventuelle durch Wind verursachte Bewegungen registriert und als Datensatz gespeichert werden.

9.2 Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der Geschwindigkeit

Für die Überprüfung der vom Radargerät aufgezeichneten Geschwindigkeiten ist die in dieser Arbeit vorgestellte Messmethode (siehe Kap. 3.3.2) gut geeignet, da der mittels Fehlerabschätzung ermittelte Messfehler von +/- 0,7 km/h tolerierbar ist.

Zur Verbesserung der aufgezeichneten Datensätze wurden mittels einer linearen Regression die Parameter a und b der Ausgleichsgeraden nach der „Methode der kleinsten Quadrate“ ermittelt (siehe Kap. 5.2).

10. Zusammenfassung

Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und daraus entsprechende Schlussfolgerungen gezogen.

Das Ziel dieser Arbeit war, die drei Dauerzählstellen im Raum Krems zu kontrollieren und die aufgezeichneten Radardaten auszuwerten. Zur stichprobenartigen Überprüfung beziehungsweise Eichung der Radargeräte wurde eine Videobeobachtung durchgeführt.

➤ Anzahl

Als wichtig für die genaue Erfassung der Anzahl der Radwegbenützer hat sich die Unterscheidung der Anordnungen und der Richtung herausgestellt. Die unterschiedliche Lage und Umgebung der Zählgeräte ist ebenfalls ein wichtiger und daher nicht vernachlässigbarer Faktor, der in Zukunft berücksichtigt werden muss. Unter Berücksichtigung, dass diese Zählgeräte Prototypen sind und seitlich aufgestellt wurden, ist der in Kap. 4.1.2 (Tab. 8) festgestellte relative Fehler [5] von in Summe 8,5 % akzeptabel. Mit Hilfe der berechneten Korrekturfaktoren können in Zukunft die Radwegbenützer exakt ermittelt werden.

➤ Geschwindigkeit

Die bei diesem Radarmessgerät der Fa. Sierzega zusätzlich aufgezeichnete Geschwindigkeit liefert Daten über das Geschwindigkeitsprofil der überwachten Radwege, das sonst nur schwer unbeeinflusst zu bekommen wäre. Mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 19,4 km/h (Tab. 31) und einer Geschwindigkeitsverteilung (Abb. 47 und Anhang C) an diesen Standorten bekommt man einen Eindruck, mit welchen Geschwindigkeiten hauptsächlich im Freizeitverkehr gefahren wird.

➤ Ausfallsrate

Bei dauerhafter Weiterverwendung dieses Radargerätes müssen folgende Fehler beseitigt werden, um die hohe Ausfallsrate zu reduzieren:

- fehlerhafte oder keine Übertragung vom Radargerät zum Handgerät³,

³ wird bereits beseitigt, Übertragung durch GSM-Module erfolgt in Kürze.

- Fehler bei der Übertragung der Daten auf den PC und Umwandlung der ausgelesenen bik- Dateien in txt- Dateien,
- sehr späte Reaktion auf Geräteausfälle durch monatliches, händisches Auslesen der Daten³ und
- keine dauerhafte Stromversorgung (Solarenergie)⁴.

Durch die Aufstellungsart und die Art der Energieversorgung durch Solarzellen mussten Fehler und Ausfälle in Kauf genommen werden. Allerdings liefert dieser Prototyp SR2 der Fa. Sierzega zum ersten Mal in Österreich kontinuierliche Daten über den Radverkehr im Mengen- und Geschwindigkeitsbereich. Allein die Tatsache, dass in den Sommermonaten Juli und August 2001 bei der Zählstelle 1 (Förthof) knappe 80.000 Radwegbenützer diesen Abschnitt frequentierten (Tab. 28), könnte zu einer verbesserten touristischen Planung führen.

➤ Verbesserungsmöglichkeiten

sind eventuell bei der Softwareeinstellung im Radarmodul oder beim Aufstellungswinkel möglich. Dies führt zu anderen Korrekturwerten und im besten Fall zu einer höheren Genauigkeit.

⁴ seit 11. April 2002 drei Batterien pro Gerät um einen größeren Puffer bei der Energieversorgung zu haben.

11. Quellenverzeichnis

BRONSTEIN, I.N. et al.: Taschenbuch der Mathematik, 4. Auflage, ISBN 3- 8171-2004- 4, Kap. 16, Frankfurt am Main, Deutschland, 1999.

BÜHL, A. , P. ZÖFEL: SPSS Version 7.5. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 6. überarbeitete u. erweiterte Auflage. Addison Wesley Verlag. München 2000.

KONECNY, F.: Statistik für die Studienrichtung Kulturtechnik und Wasserwirtschaft. Bd. 1 u. 2. Universitätsverlag. Universität für Bodenkultur. WS 1999/2000.

SIERZEGA: Handbuch des Radarstatistikgerätes SR2.

SIERZEGA: Auskunft per E-Mail über die technische Beschreibung des Radarstatistikgerätes

SIERZEGA: mündliche Auskunft per Telefon

VCÖ (Verkehrsclub Österreich): Verkehr aktuell, Ausgabe 03/2002. Mehr Radverkehr ist gesund und erhöht die Verkehrssicherheit, Wien 2002

<http://www.vcoe.at/start.asp?pg=publikationen/start.asp?kat0=9>

ZEITLHOFER, H.: Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur: Konzeption eines Erhebungsverfahrens für den touristischen Radverkehr in der Wachau, Wien im August 2001.

12. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Standorte der Zählstellen</i>	5
<i>Abbildung 2: Zählstelle 1 (Förthof), Blickrichtung donauaufwärts</i>	6
<i>Abbildung 3: Zählstelle 2 (Thallern), Blickrichtung donauabwärts</i>	7
<i>Abbildung 4: Zählstelle 3 (Theiß), Blickrichtung donauabwärts</i>	8
<i>Abbildung 5: Darstellung der aufgezeichneten Radardaten in MS Excel</i>	9
<i>Abbildung 6: Detailansicht der Radareinheit</i>	10
<i>Abbildung 7: Messbereich des Radargerätes</i>	10
<i>Abbildung 8: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 1 (Förthof)</i>	13
<i>Abbildung 9: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 2 (Thallern)</i>	14
<i>Abbildung 10: Ausfälle und Ursachen der Zählstelle 3 (Theiß)</i>	15
<i>Abbildung 11: Markierungen am Radweg</i>	17
<i>Abbildung 12: Anordnung "nebeneinander"</i>	20
<i>Abbildung 13: Anordnung "versetzt"</i>	20
<i>Abbildung 14: Anordnung "< 2 m"</i>	21
<i>Abbildung 15: Anordnung "2 - 8 m"</i>	21
<i>Abbildung 16: Anordnung "einzeln" (> 8 m)</i>	21
<i>Abbildung 17: Geometrie der Aufnahmesituation bei der Zählstelle Förthof</i>	23
<i>Abbildung 18: Genauigkeit der Fahrspurauswertung</i>	24
<i>Abbildung 19: Vergleich der Radardaten mit den Daten der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer, Zählstelle 1 (Förthof)</i>	28
<i>Abbildung 20: prozentuelle Aufteilung der verschiedenen Anordnungen</i>	29
<i>Abbildung 21: Prozentanteil der richtig, zu viel und zu wenig gezählten Anordnungsfälle (zum Gerät)</i>	30
<i>Abbildung 22: Prozentanteil der richtig, zu viel und zu wenig gezählten Anordnungsfälle (vom Gerät)</i>	30
<i>Abbildung 23: relativer Fehler [5] der verschiedenen Anordnungen der Radfahrer (Abb. 12-16)</i>	32
<i>Abbildung 24: Modal Split der Geschwindigkeitsklasse 6-10 km/h in Prozent</i>	33
<i>Abbildung 25: Balkendiagramm der Prozentanteile an Autos, Radfahrern und der übrigen nichtmotorisierten Radwegbenützer in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen</i>	34
<i>Abbildung 26: Anzahl der gefilmten Radfahrer nach Uhrzeitgruppen (keine Tagesganglinie!)</i>	35
<i>Abbildung 27: relativer Fehler [5] nach Uhrzeitgruppen</i>	36

Abbildung 28: relativer Fehler [5] bei Einzelfahrten nach Uhrzeitgruppen	37
Abbildung 29: relativer Fehler [5] bei Gruppenfahrten nach Uhrzeitgruppen.....	38
Abbildung 30: Geschwindigkeitsverteilung der ausgewerteten Radwegbenützer (donauabwärts).....	40
Abbildung 31: Geschwindigkeitsverteilung der ausgewerteten Radwegbenützer (donauaufwärts).....	41
Abbildung 32: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für halbe Stunden Werte.....	45
Abbildung 33: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für ganze Stunden Werte.....	48
Abbildung 34: Streudiagramm und Ausgleichsgerade für 3 Stunden Werte.....	49
Abbildung 35: Streudiagramm der Geschwindigkeiten (donauabwärts).....	54
Abbildung 36: Streudiagramm der Geschwindigkeiten mit Angabe des Konfidenzniveaus (donauabwärts).....	56
Abbildung 37: Streudiagramm der Geschwindigkeiten (donauaufwärts).....	57
Abbildung 38: Streudiagramm der Geschwindigkeiten mit Angabe des Konfidenzniveaus (donauaufwärts).....	58
Abbildung 39: Vergleich der Radardaten mit denen der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer; Zählstelle 2 (Thallern)	61
Abbildung 40: Vergleich der Radardaten mit denen der Videobeobachtung in Bezug auf die Radfahrer; Zählstelle 3 (Theiß)	63
Abbildung 41: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 1 (Förthof).....	67
Abbildung 42: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 2 (Thallern).....	68
Abbildung 43: Korrekturfaktoren für die Zählstelle 3 (Theiß).....	69
Abbildung 44: Zählstelle 1 (Förthof), Radwegbenützer/Tag (donauabwärts; Juli bis August 2001).....	73
Abbildung 45: Zählstelle 1 (Förthof), Radwegbenützer/Tag (donauaufwärts; Juli bis August 2001).....	73
Abbildung 46: unkorrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (Zählstelle 1, Förthof, donauabwärts).....	76
Abbildung 47: korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (Zählstelle 1, Förthof, donauabwärts).....	76

13. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Ausfälle der Radargeräte im Zeitraum von März 2001 bis Juli 2002 und in den Sommermonaten</i>	<i>12</i>
<i>Tabelle 2: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 1 (Förthof).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 3: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 2 (Thallern).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 4: auswertbare Aufnahmezeiten Zählstelle 3 (Theiß).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 5: Anzahl der gefilmten Radwegbenützer</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 6: Fehler der Geschwindigkeitsmessung</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 7: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenützer; Zählstelle 1 (Förthof).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 8: Vergleich der Anordnungsfälle laut Videobeobachtung und der vom Radargerät aufgezeichneten Datensätze.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 9: Radfahreranteil in den verschiedenen Geschwindigkeitsklassen.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 10: Daten zur Berechnung des relativen Fehlers bei Einzel- und Gruppenfahrten....</i>	<i>38</i>
<i>Tabelle 11: statistische Kennwerte der gemessenen Geschwindigkeiten.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 12: Modellgüte der Modelle 1 und 2</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 13: ausgeschlossene Variablen.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 14: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 15: aufgenommene Koeffizienten.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 16: Modellgüte der Modelle 1 und 2</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 17: ausgeschlossene Variablen.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 18: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 19: aufgenommene Koeffizienten.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 20: Modellgüte des Modells 1.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 21: ausgeschlossene Variablen.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 22: Fehlerwahrscheinlichkeit für die Nullhypothese.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 23: aufgenommene Koeffizienten.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 24: Schätzung der Geschwindigkeit zum Gerät.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabelle 25: Schätzung der Geschwindigkeit vom Gerät.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabelle 26: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenützer (Thallern).....</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 27: Vergleich Radardaten-Videobeobachtung bezüglich der Art der Radwegbenützer (Theiß).....</i>	<i>62</i>
<i>Tabelle 28: Anzahl der Radwegbenützer und Ausfallsquote, Zählstelle 1 (Förthof).....</i>	<i>70</i>

Tabelle 29: Anzahl der Radwegbenützer und Ausfallsquote, Zählstelle 2 (Thallern)..... 71
Tabelle 30: Anzahl der Radwegbenützer und Ausfallsquote, Zählstelle 3 (Theiß)..... 71
Tabelle 31: korrigierte mittlere Geschwindigkeiten der drei Zählstellen 74

Anhang

A.) zeitlicher Ablauf und Ausfälle der Zählgeräte

Gerät 1	Zählstelle 1 (Förthof)
Gerät 2	Zählstelle 2 (Thallern)
Gerät 3	Zählstelle 3 (Theiß)

Datum	Tätigkeiten
16. April 2001	Übernahme der Zählgeräte von Frau Hermine Zeitlhofer
25. Mai 2001	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 und 2 funktionieren; bei Gerät 3 keine Ablesung möglich (Chipfehler)
1. Juni 2001	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 funktioniert; Gerät 2: Probleme beim Konvertieren in ein txt- file → Fa. Sierzega nimmt Gerät mit; Gerät 3: noch immer keine Ablesung möglich → Fa. Sierzega tauscht Chip aus
7. Juli 2001	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 und 3 funktionieren; Gerät 2 nicht vorhanden
8. August 2001	Kontrolle der Messgeräte; alle Geräte funktionieren
23. August 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 1 (3h); Kontrolle des Messgerätes → funktioniert
28. August 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 1 (5,5h); Kontrolle des Messgerätes → funktioniert
31. August 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 1 (3h); Kontrolle des Messgerätes → funktioniert
4. September 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 2 und 3 (je 1h); Kontrolle der beiden Messgeräte → funktionieren
13. September 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 2 (3h); Kontrolle des Messgerätes → beim Überspielen der Daten auf PC waren nur Daten bis 8. September vorhanden → angeblich ein Übertragungsfehler; kein Vergleich der Daten möglich
19. September 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 3 (3h); Kontrolle des Messgerätes → Probleme beim Konvertieren in ein txt- file
27. September 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 1 (3h); Daten nur von einer halben Stunde vorhanden; Gerät 2 und 3 keine

	Probleme beim Herauslesen der Daten, jedoch am PC nicht in ein txt- file zu konvertieren → ungültiges BIK Format
5. Oktober 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 2 (3h); Kontrolle der Messgeräte; alle Geräte funktionieren
6. Oktober 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 3 (3h); Kontrolle des Messgerätes → funktioniert
7. Oktober 2001	Videobeobachtung bei der Stelle 1 (4,5h); Kontrolle des Messgerätes → funktioniert
13. November 2001	Kontrolle der Messgeräte → Batterie funktioniert nicht
10. Dezember 2001	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 und 2 → Batterie funktioniert nicht; Gerät 3: Probleme beim Konvertieren in ein txt- file (nicht alle Daten vorhanden)
29. Jänner 2002	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 und 2 → Batterie funktioniert nicht; Gerät 3: Probleme beim Konvertieren in ein txt- file (nicht alle Daten vorhanden)
14. März 2002	Fa. Sierzega nimmt alle 3 Geräte mit
Ende März 2002	Überflutung der Stelle 3 (Theiß) → kein Schaden, da Gerät nicht dort
11. April 2002	Fa. Sierzega montiert die 3 Geräte mit je 3 Batterien
30. April 2002	Kontrolle der Messgeräte; alle Geräte funktionieren
4. Juni 2002	Kontrolle der Messgeräte; alle Geräte funktionieren
3. Juli 2002	Kontrolle der Messgeräte; Gerät 1 und 2 funktionieren; bei Gerät 3 keine Ablesung möglich (keine Verbindung zwischen Radarmodul und Handgerät)
1. August 2002	Ende der Kontrolltätigkeit; Gerät 1 und 2 funktionieren; bei Gerät 3 keine Ablesung möglich (keine Verbindung zwischen Radarmodul und Handgerät)
Anfang September 2002	Übergabe der Schlüssel und des Handheld an Firma Snizek (DI Herbert Schachenhofer)

B.) Verkehrsmengen der drei Zählstellen

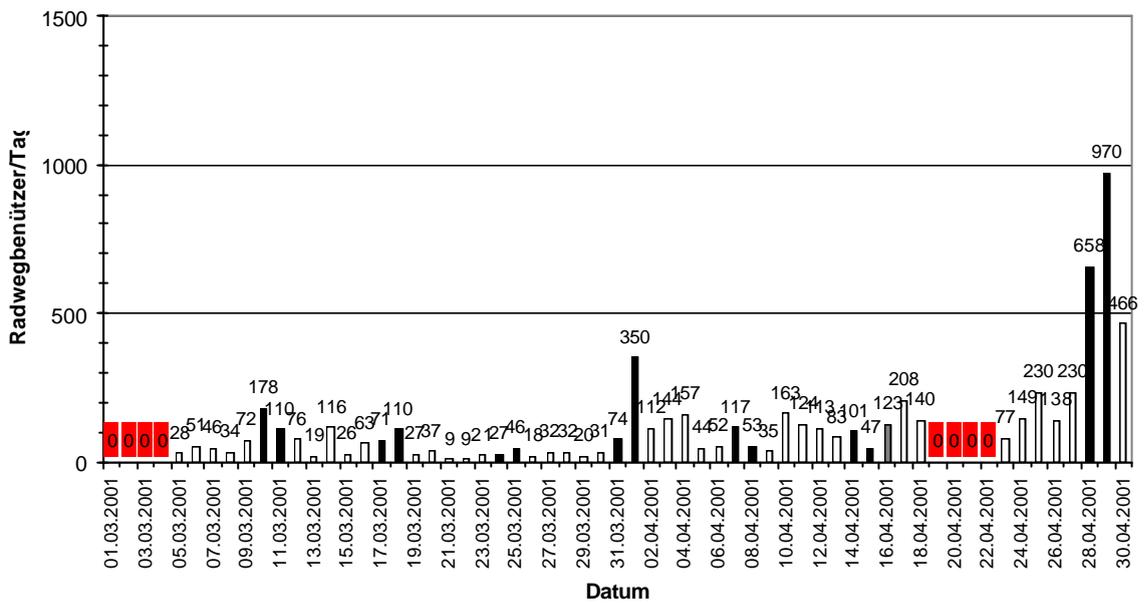
Mit Korrekturfaktoren korrigierte Tageswerte (siehe Kap. 7.2)

Legende:

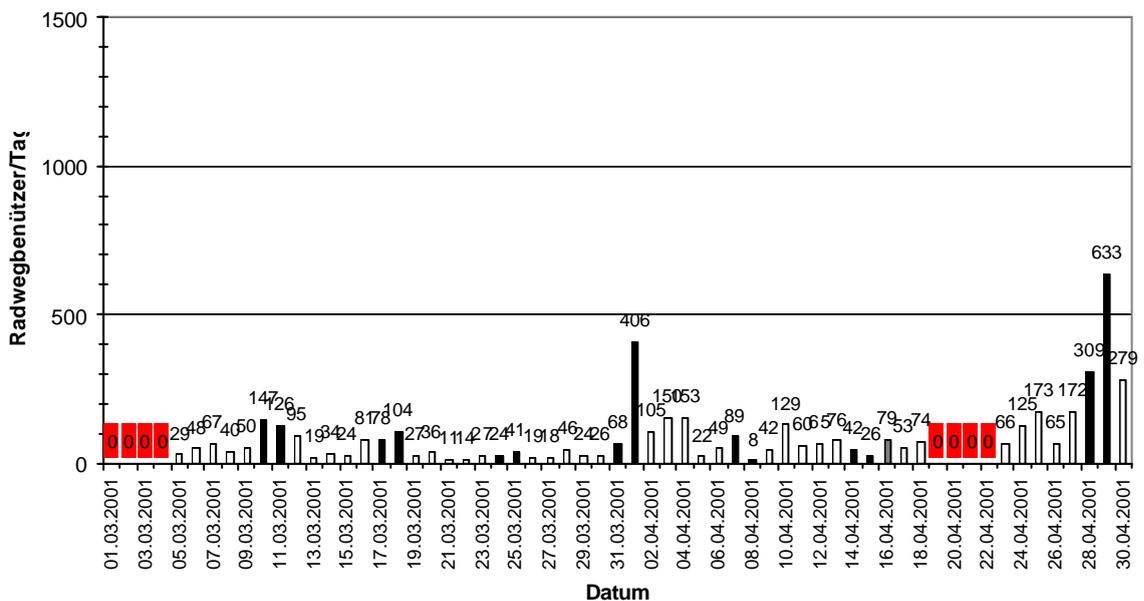
	Wochentag
	Ausfallstage
	Samstag und Sonntag
	Feiertag

B1.) Zählstelle 1 (Förthof)

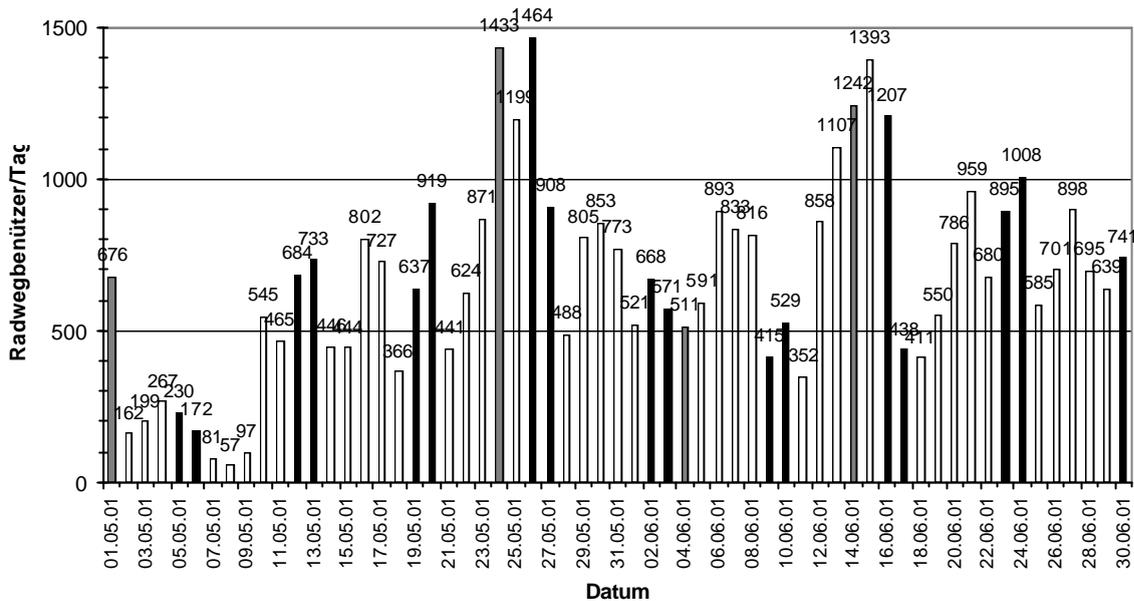
März-April 2001, donauabwärts



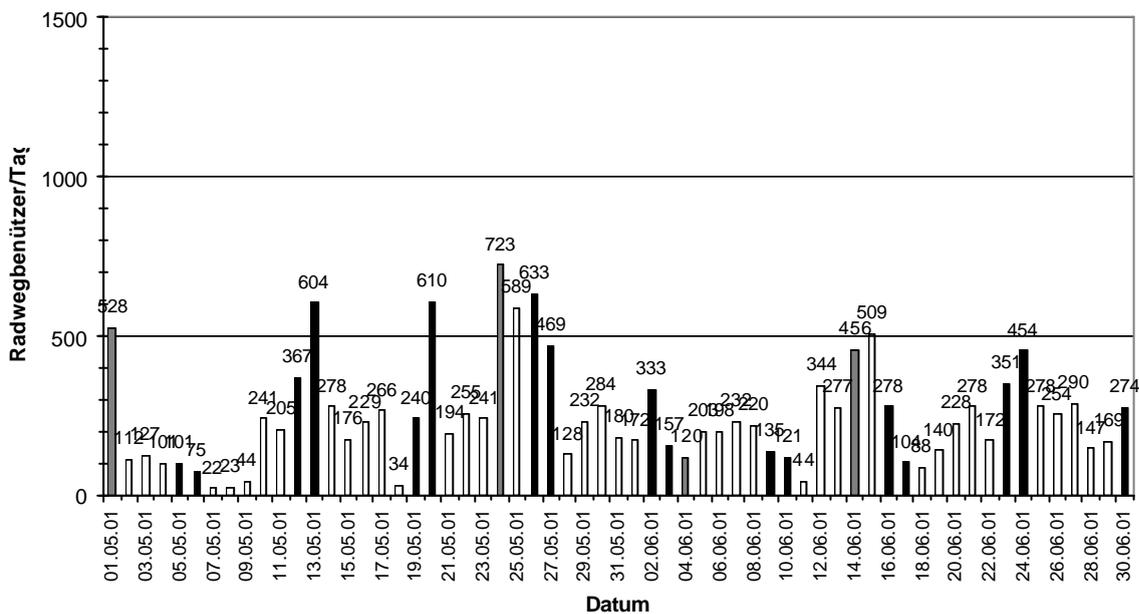
März-April 2001, donauaufwärts



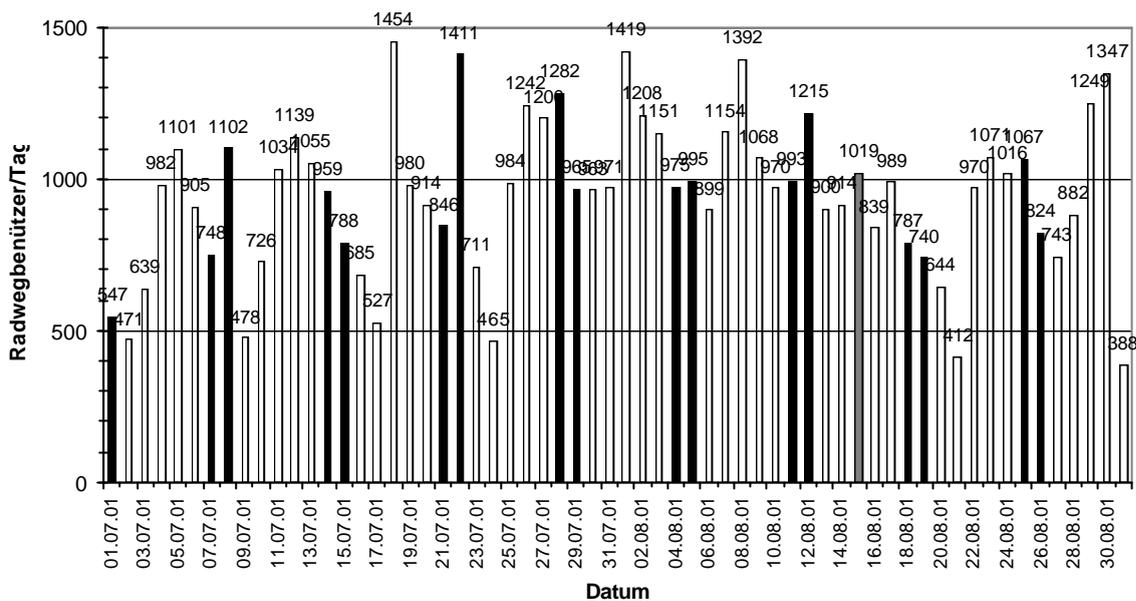
Mai- Juni 2001, donauabwärts



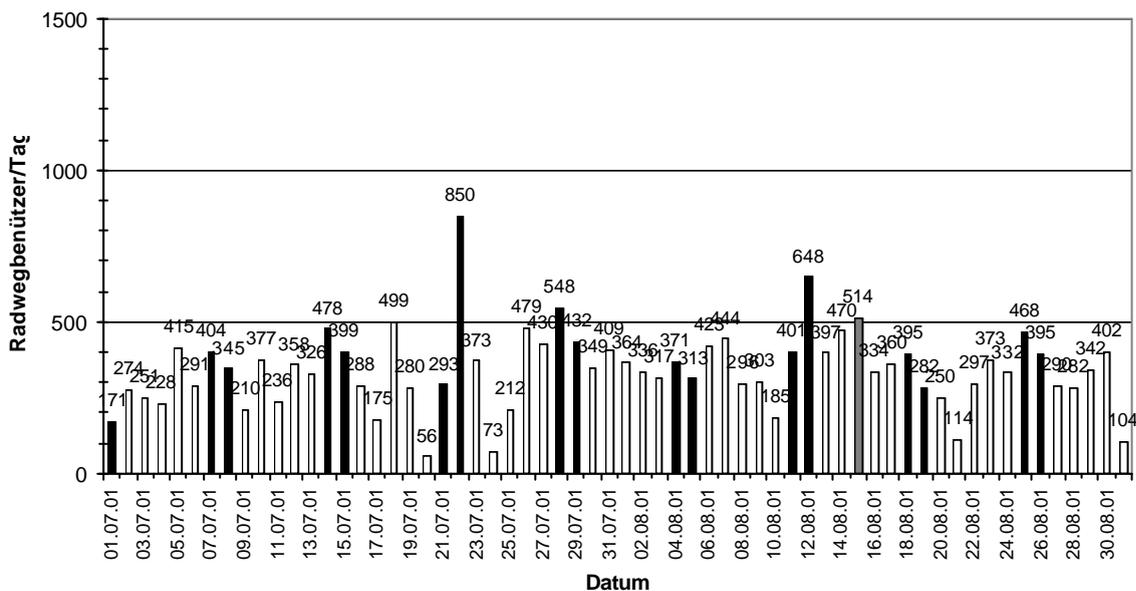
Mai- Juni 2001, donauaufwärts



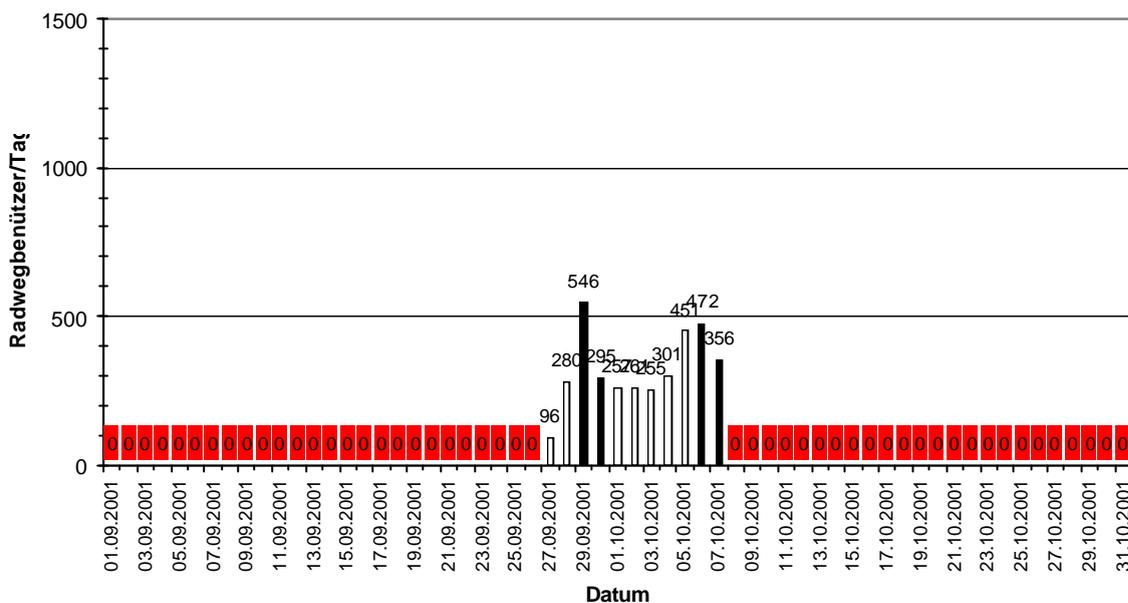
Juli-August 2001, donauabwärts



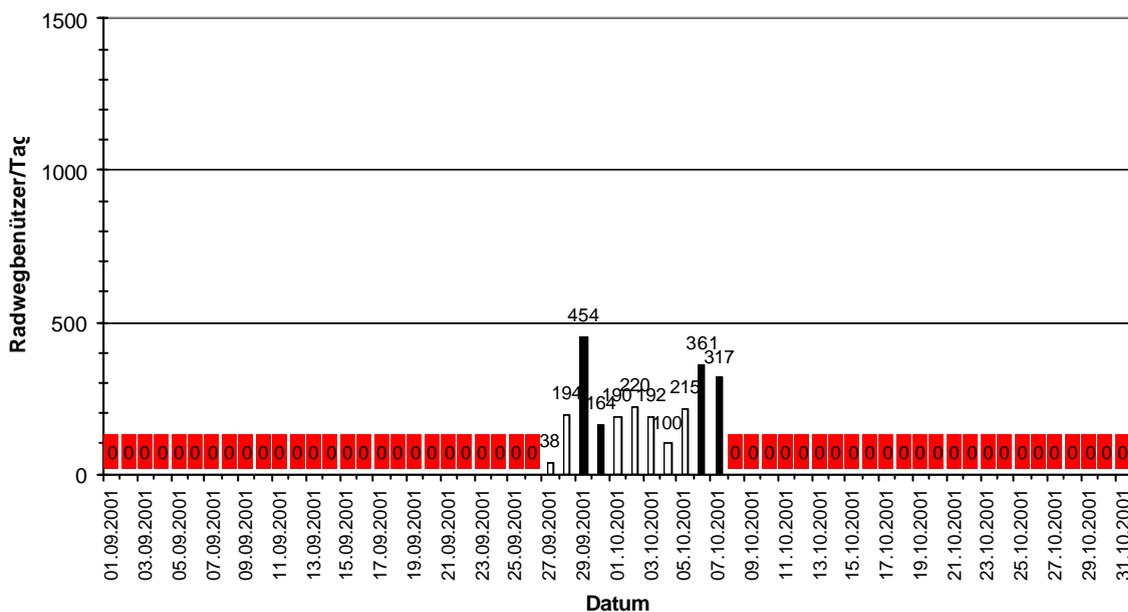
Juli-August 2001, donauaufwärts



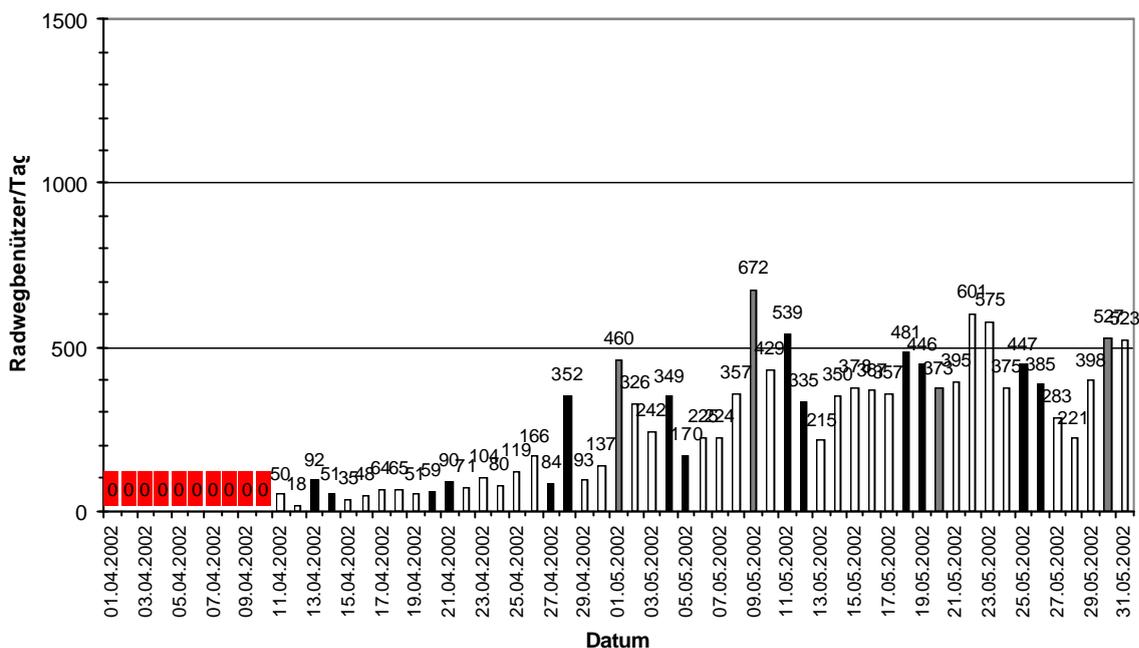
September- Oktober 2001, donauabwärts



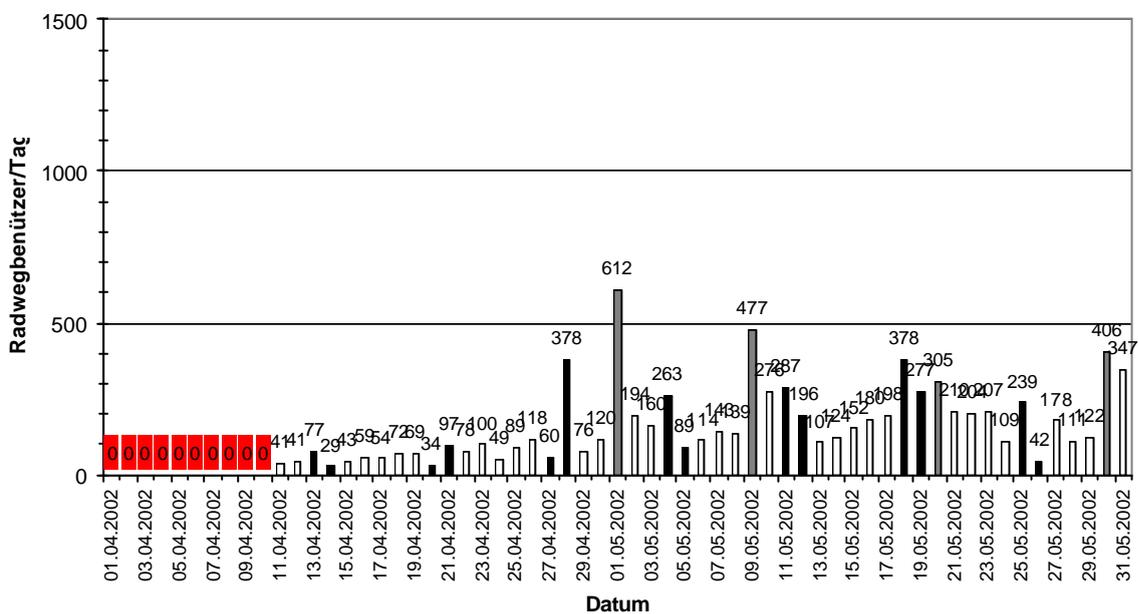
September- Oktober 2001, donauaufwärts



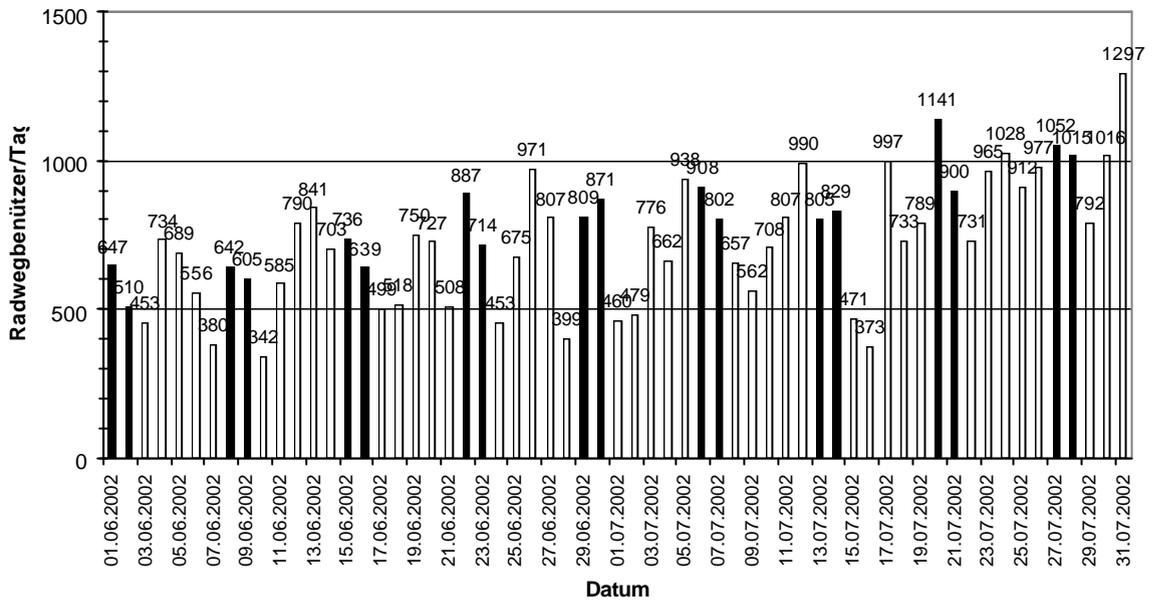
April- Mai 2002, donauabwärts



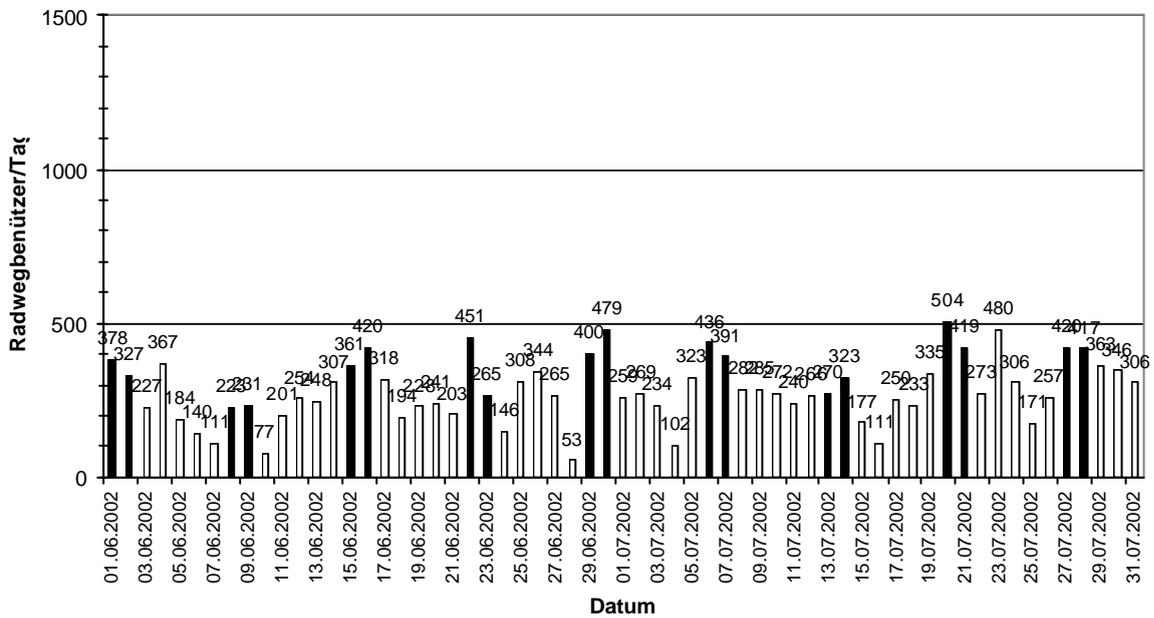
April- Mai 2002, donauaufwärts



Juni- Juli 2002, donauabwärts

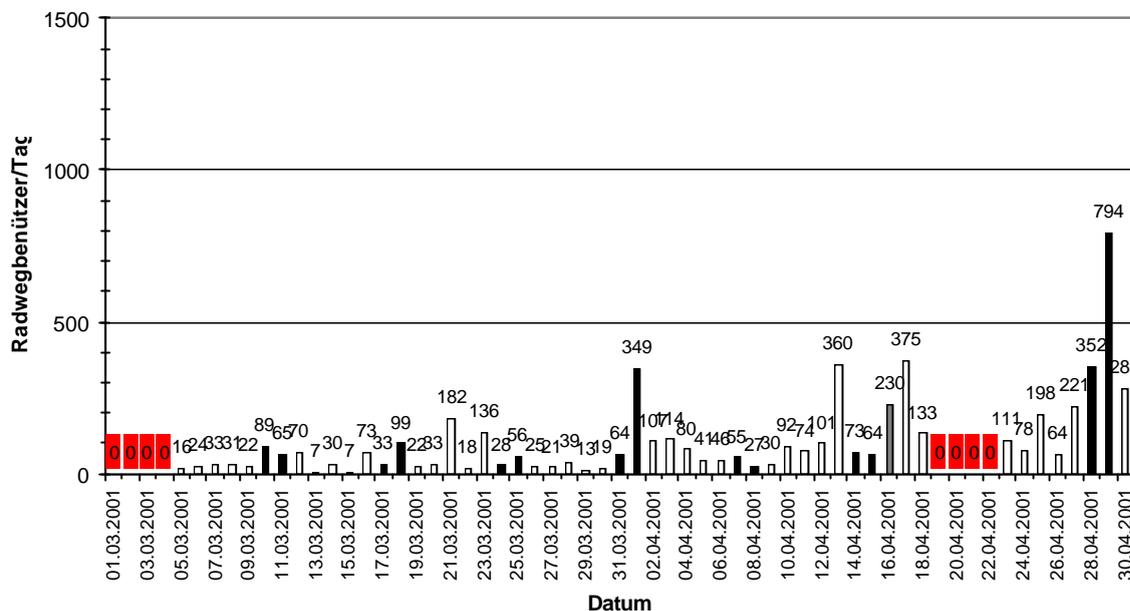


Juni- Juli 2002, donauaufwärts

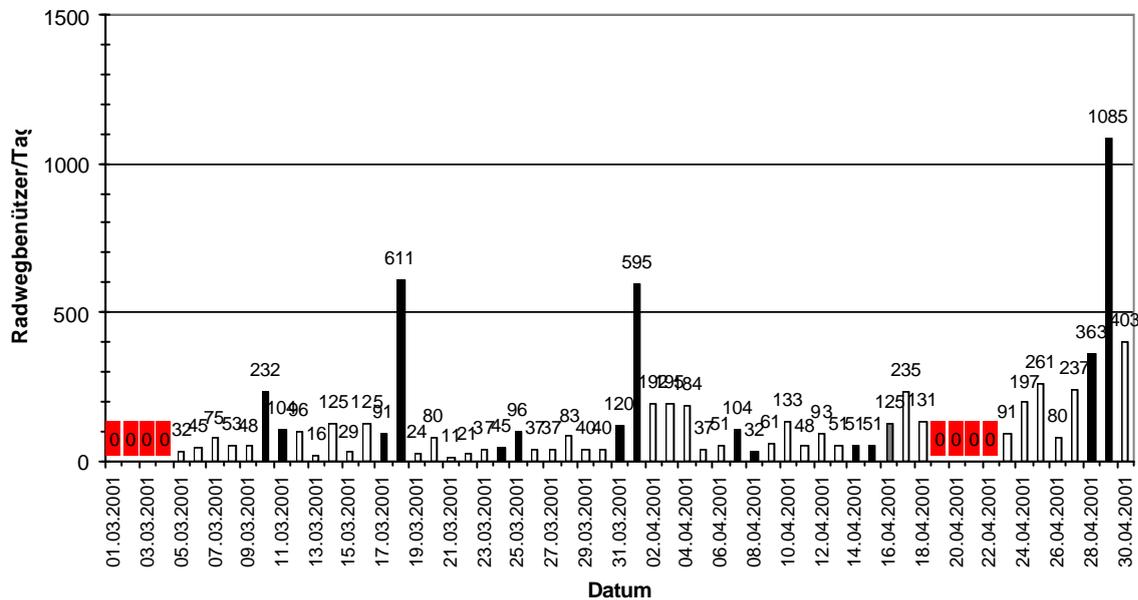


B2.) Zählstelle 2 (Thallern)

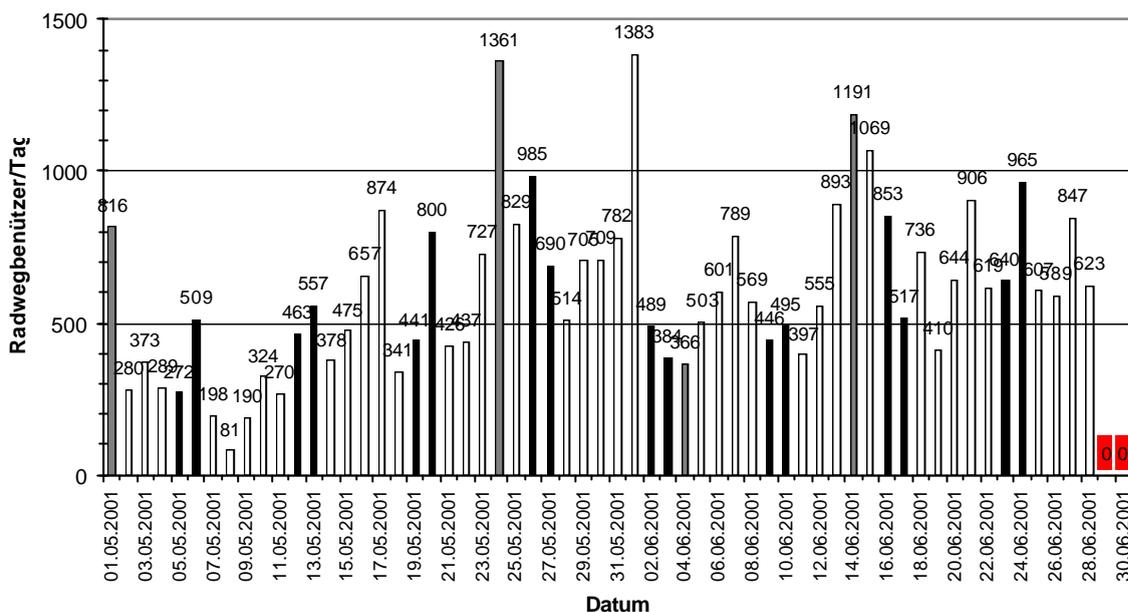
März- April 2001, donauabwärts



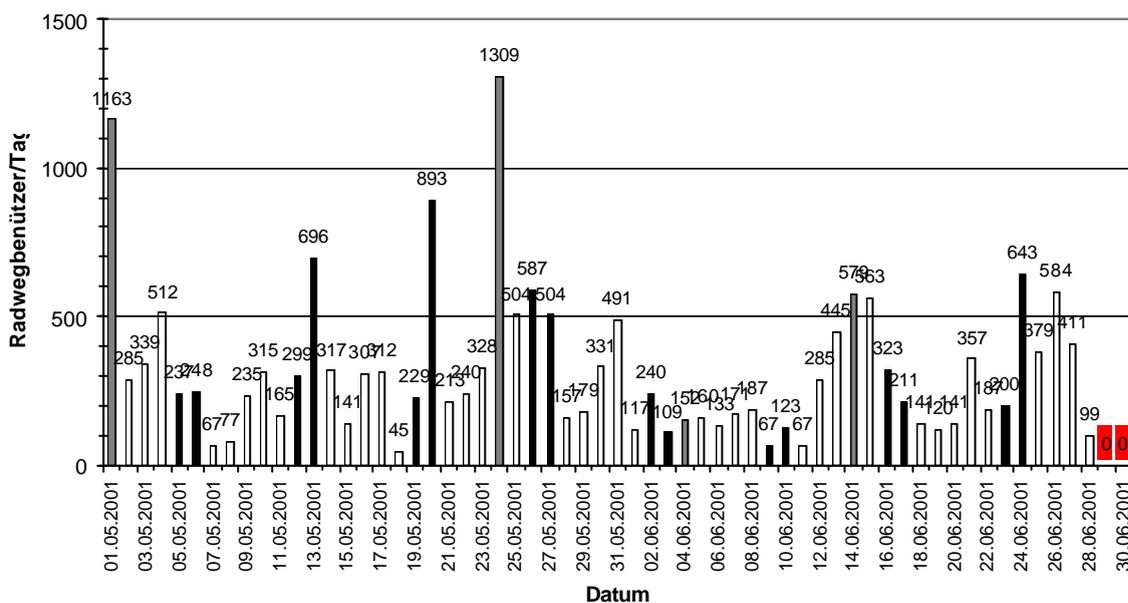
März- April 2001, donauaufwärts



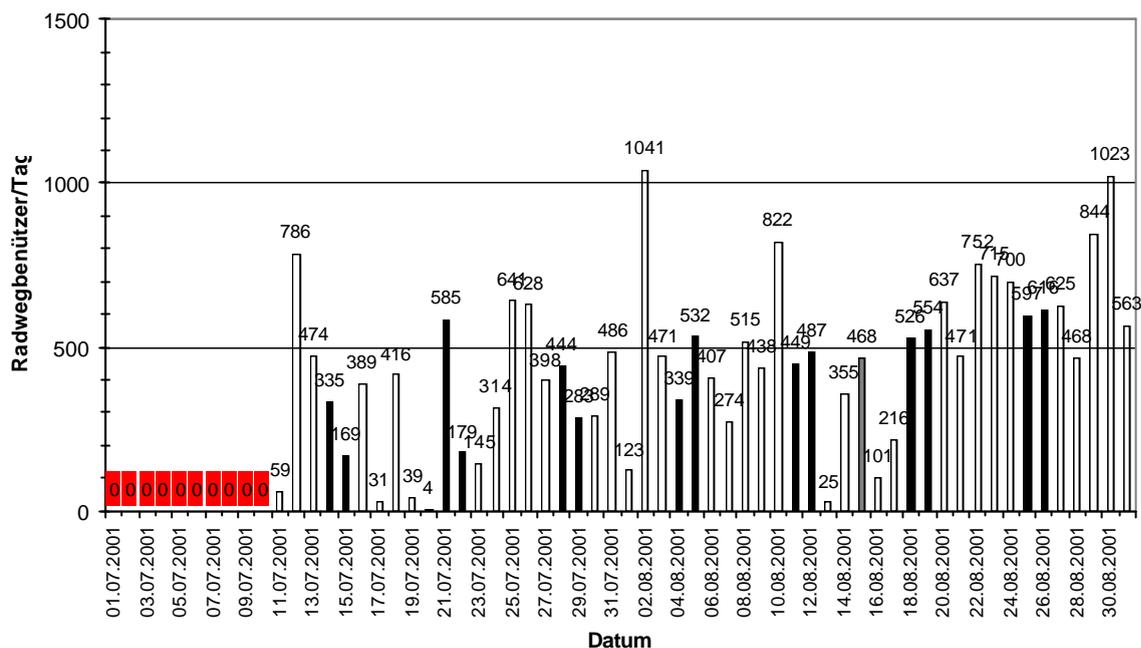
Mai- Juni 2001, donauabwärts



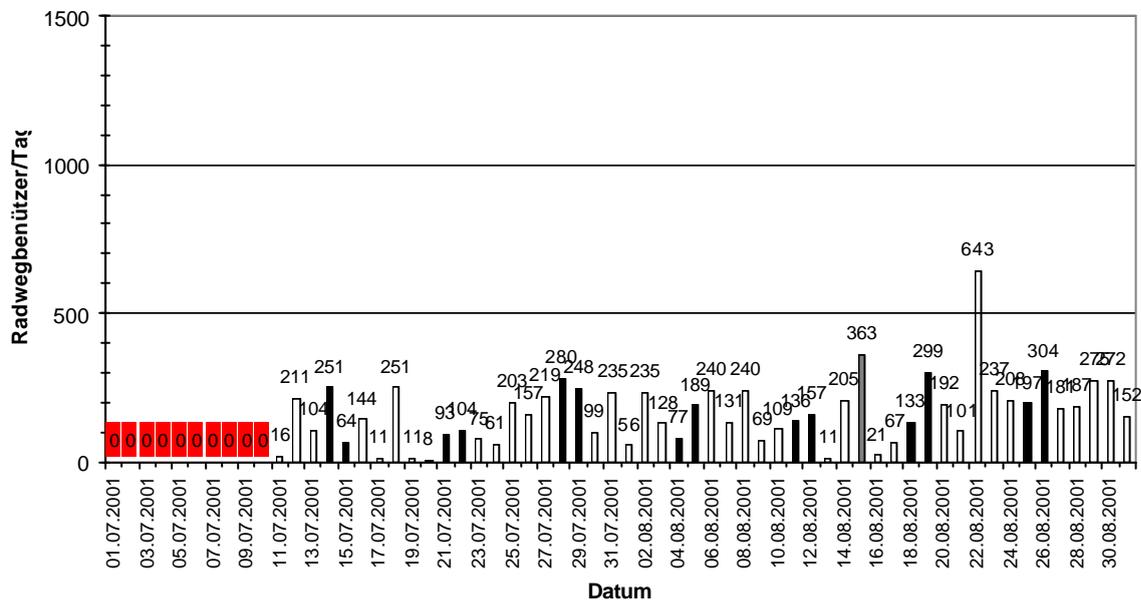
Mai- Juni 2001, donauaufwärts



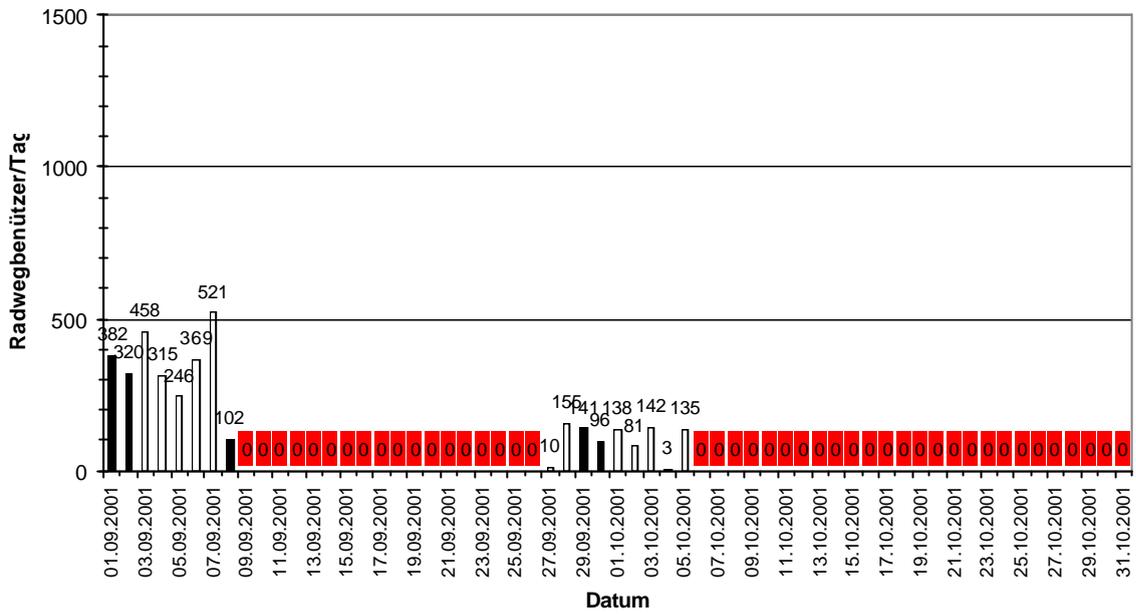
Juli- August 2001, donauabwärts



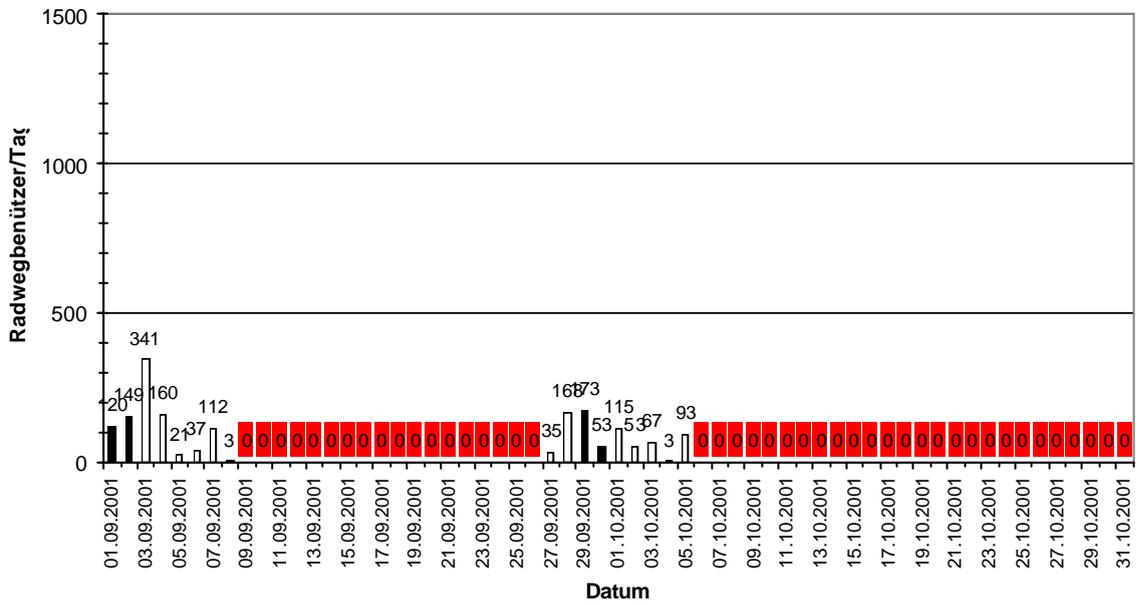
Juli- August 2001, donauaufwärts



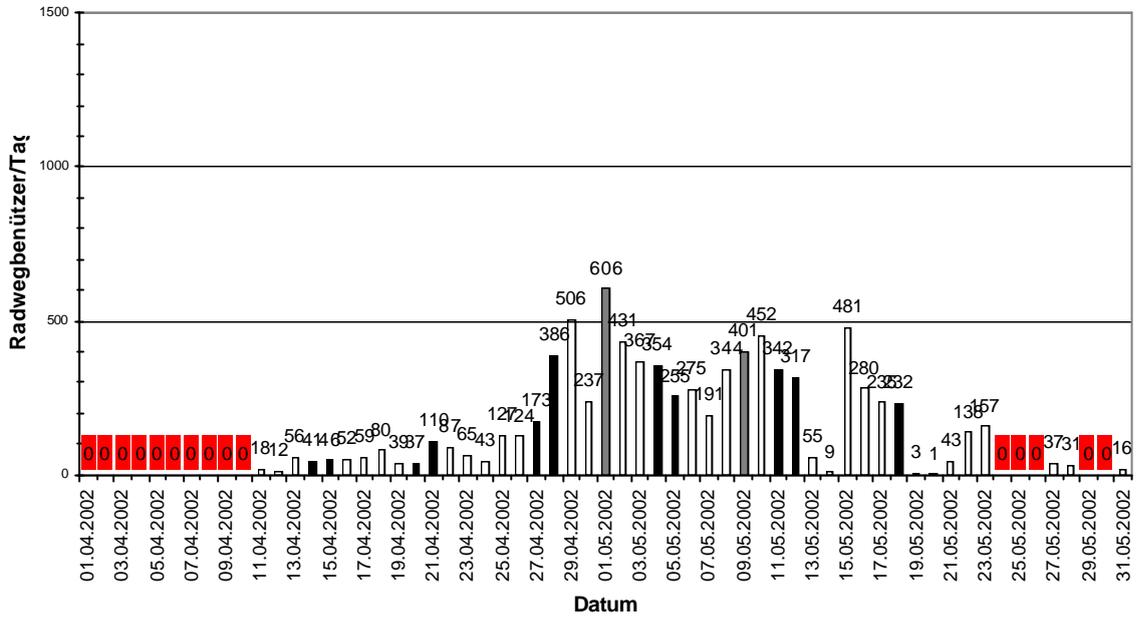
September- Oktober 2001, donauabwärts



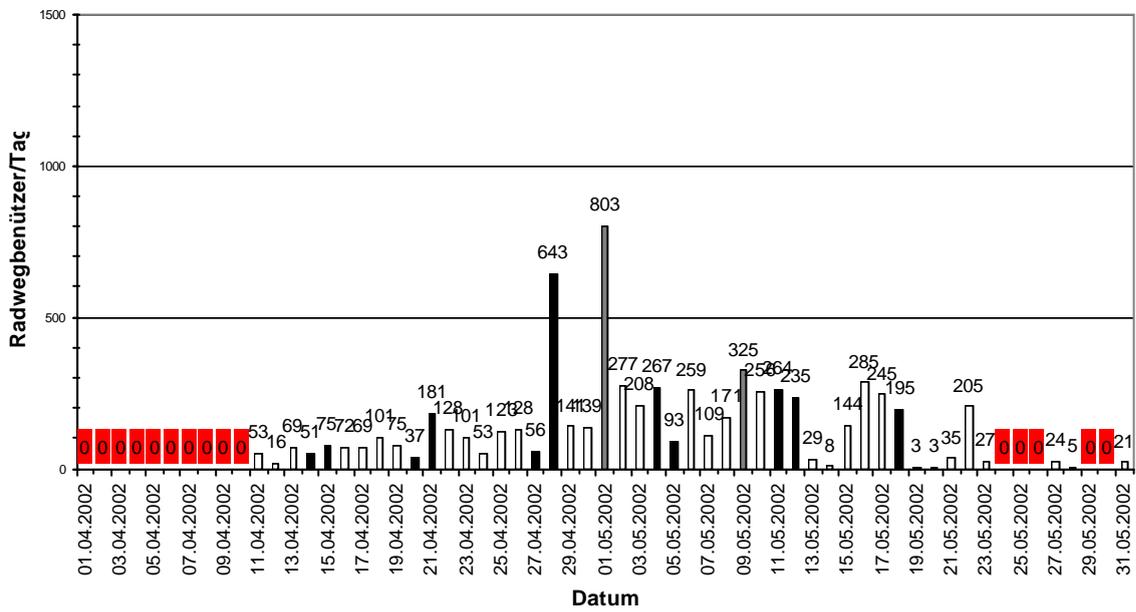
September- Oktober 2001, donauaufwärts



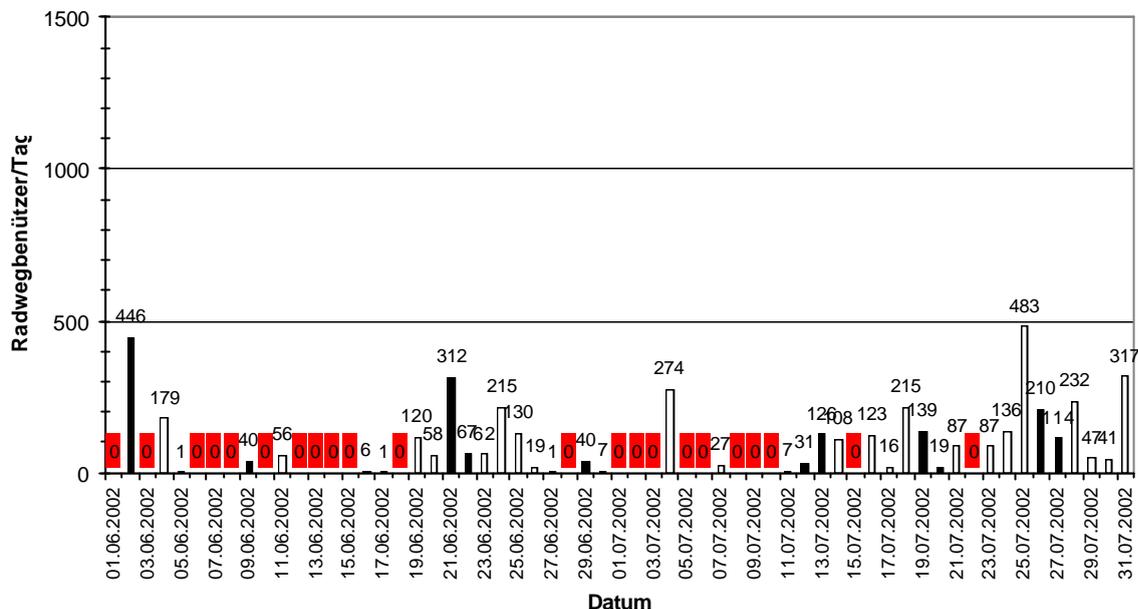
April- Mai 2002, donauabwärts



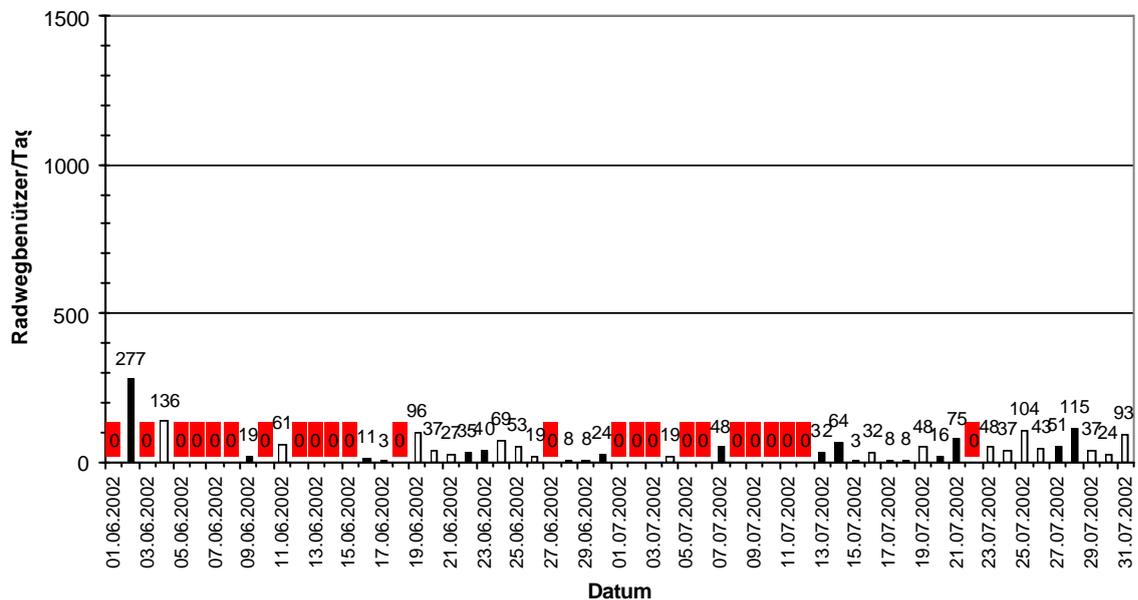
April- Mai 2002, donauaufwärts



Juni- Juli 2002, donauabwärts

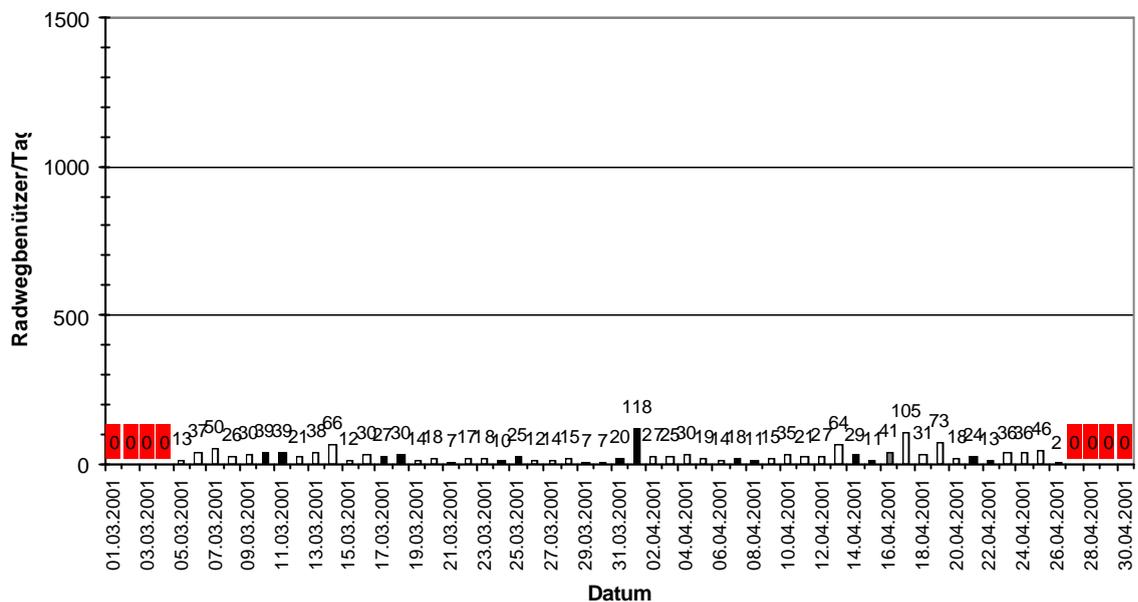


Juni- Juli 2002, donauaufwärts

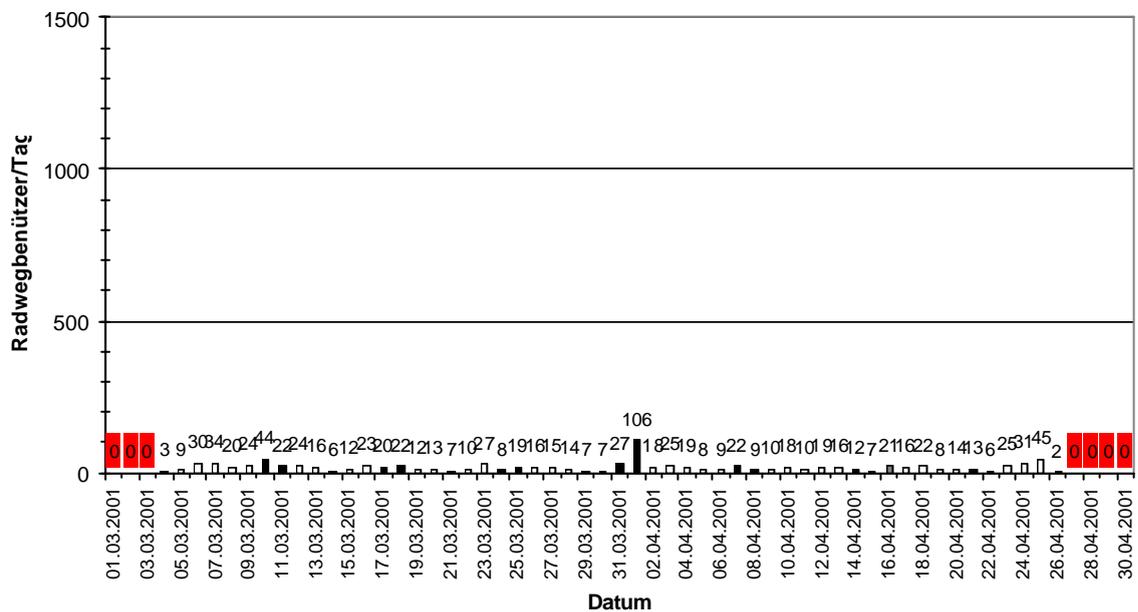


B3.) Zählstelle 3 (Theiß)

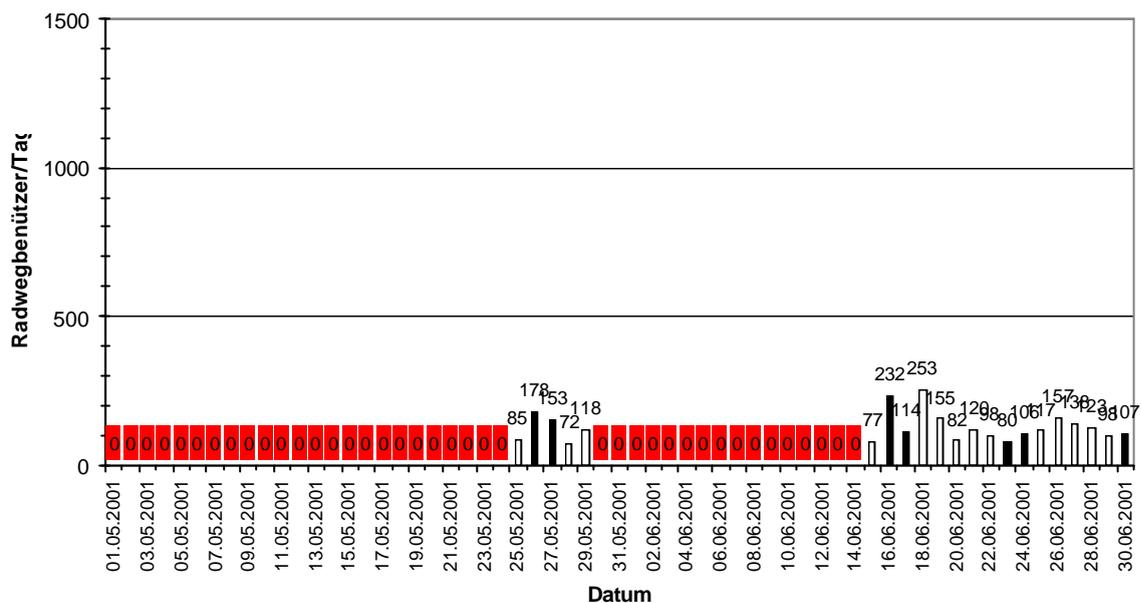
März- April 2001, donauabwärts



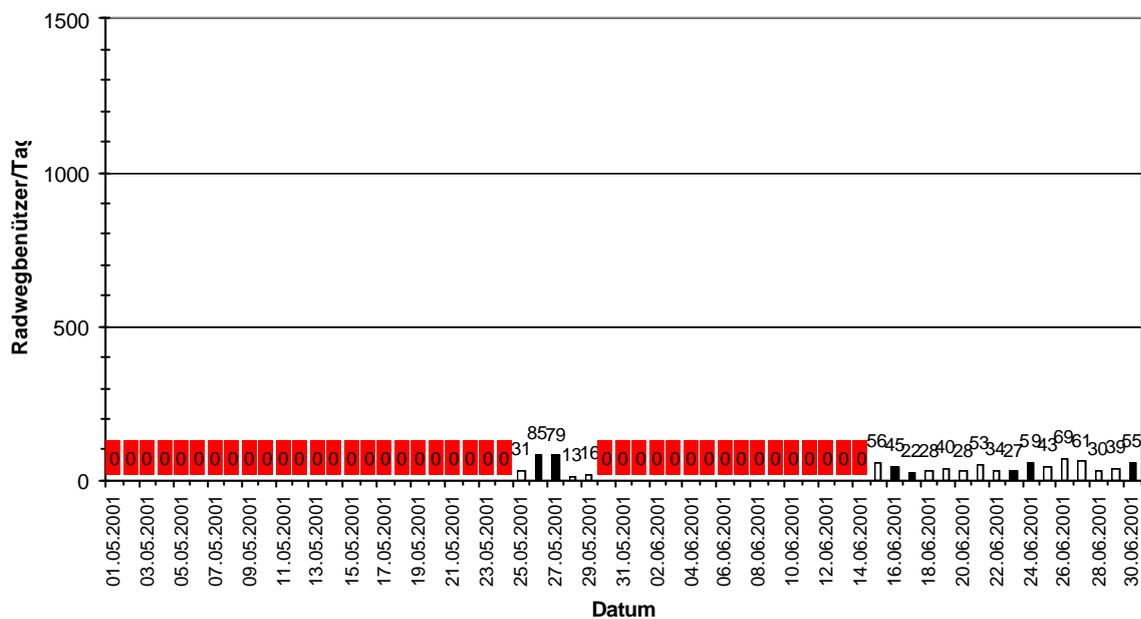
März- April 2001, donauaufwärts



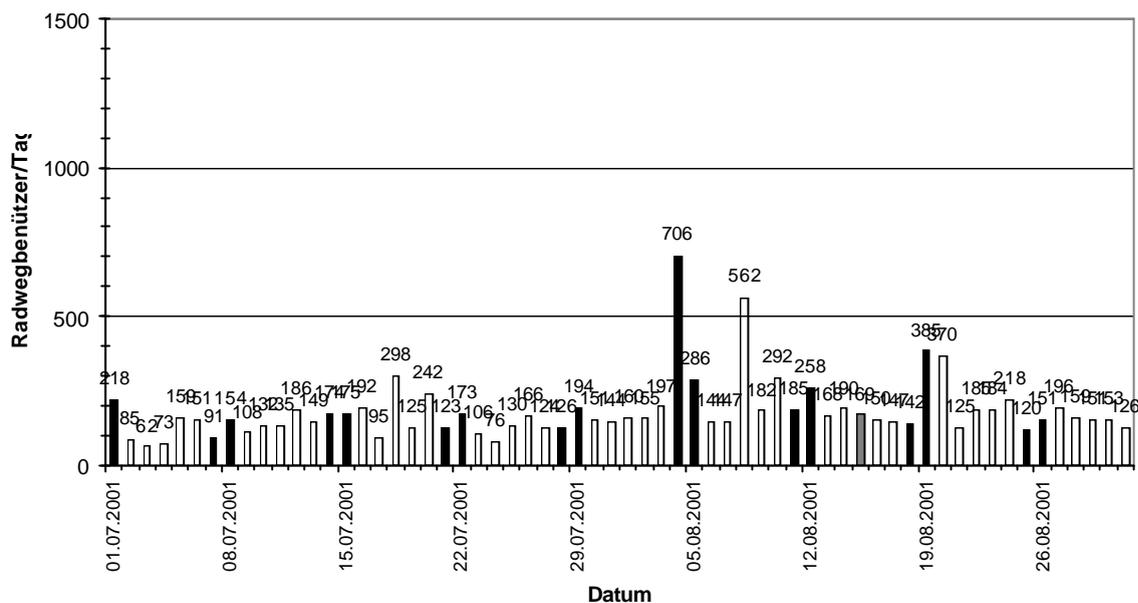
Mai- Juni 2001, donauabwärts



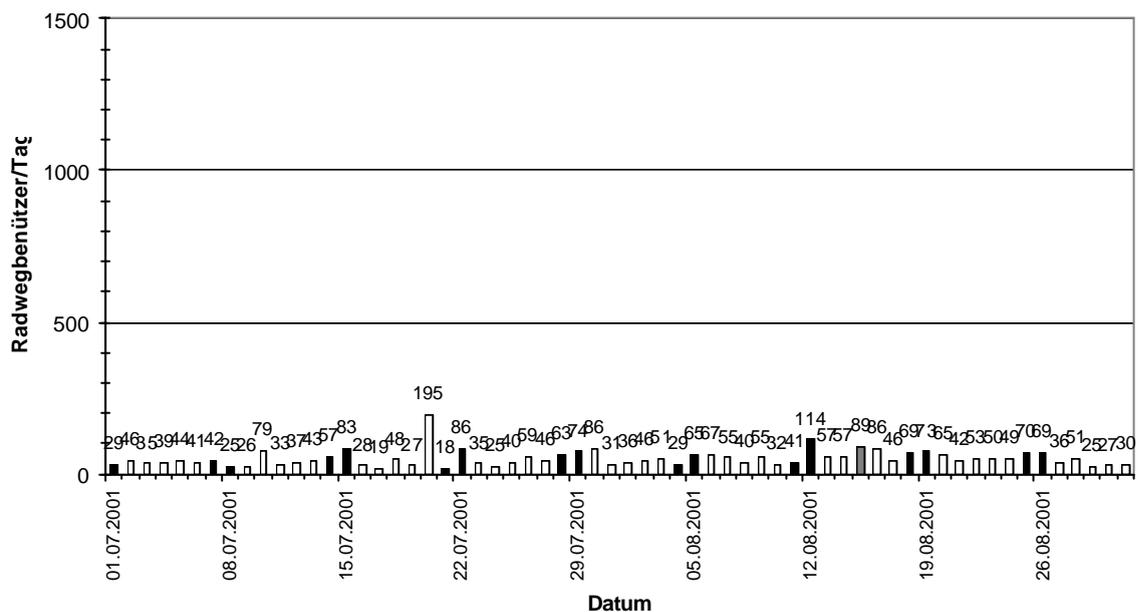
Mai- Juni 2001, donauaufwärts



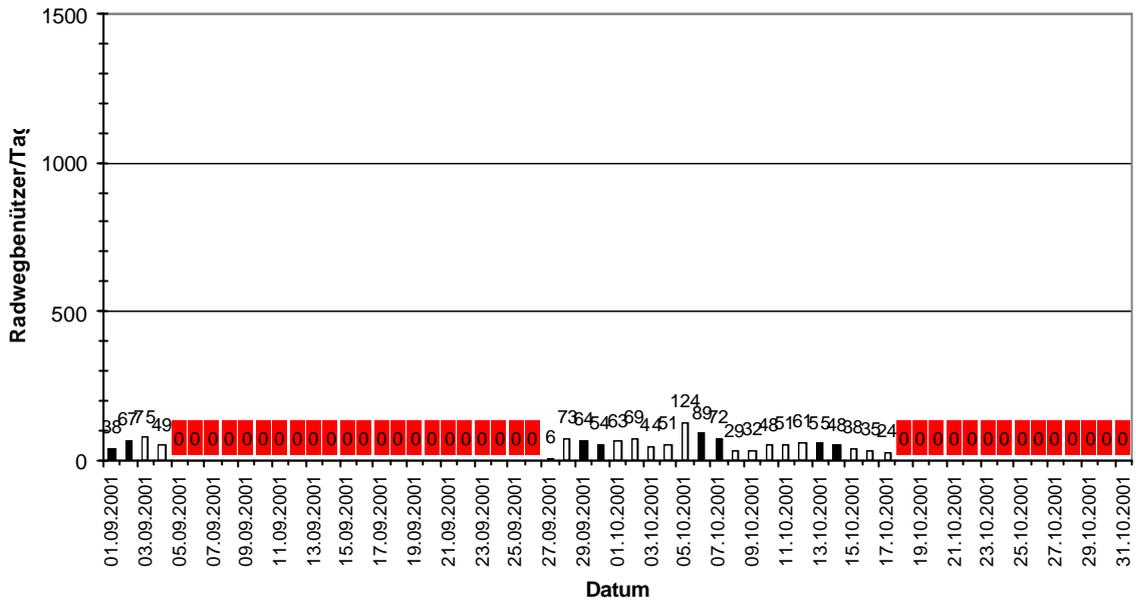
Juli- August 2001, donauabwärts



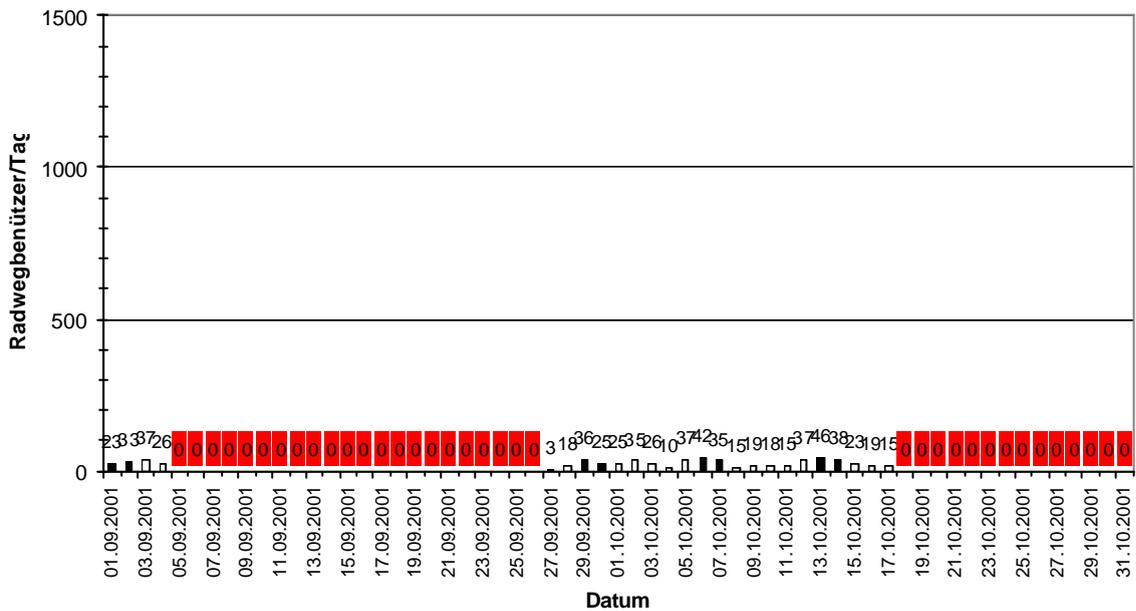
Juli- August 2001, donauaufwärts



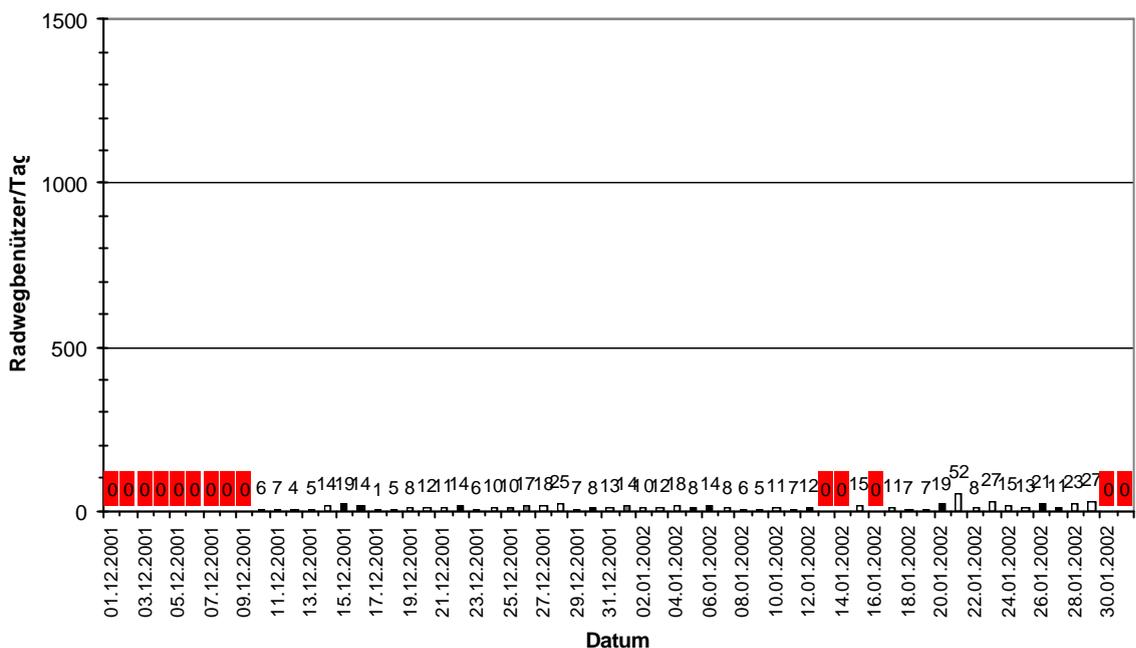
September- Oktober 2001, donauabwärts



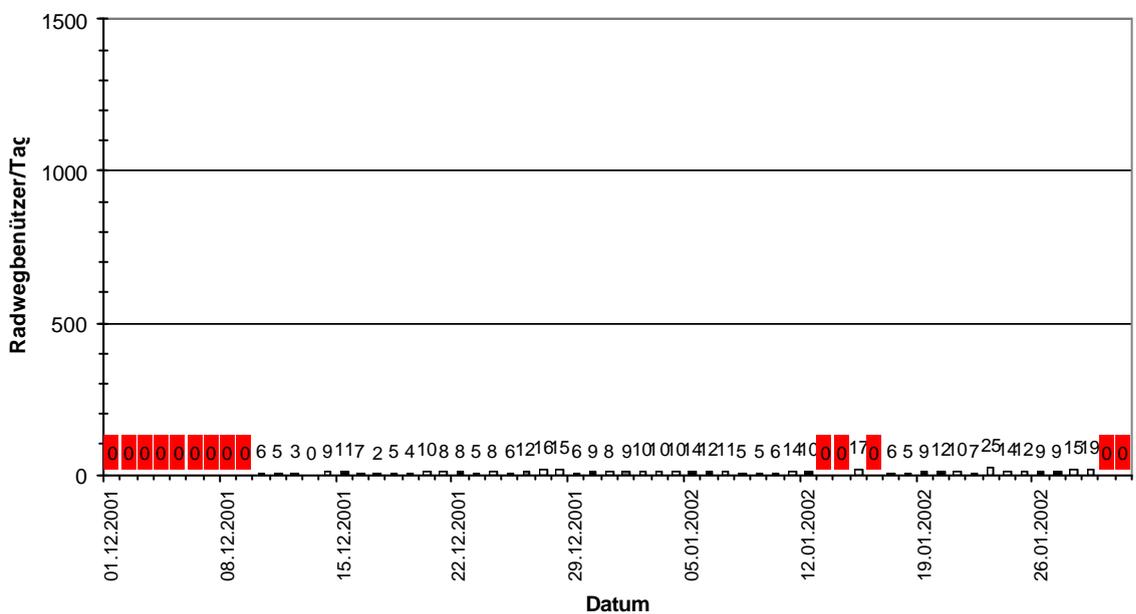
September- Oktober 2001, donauaufwärts



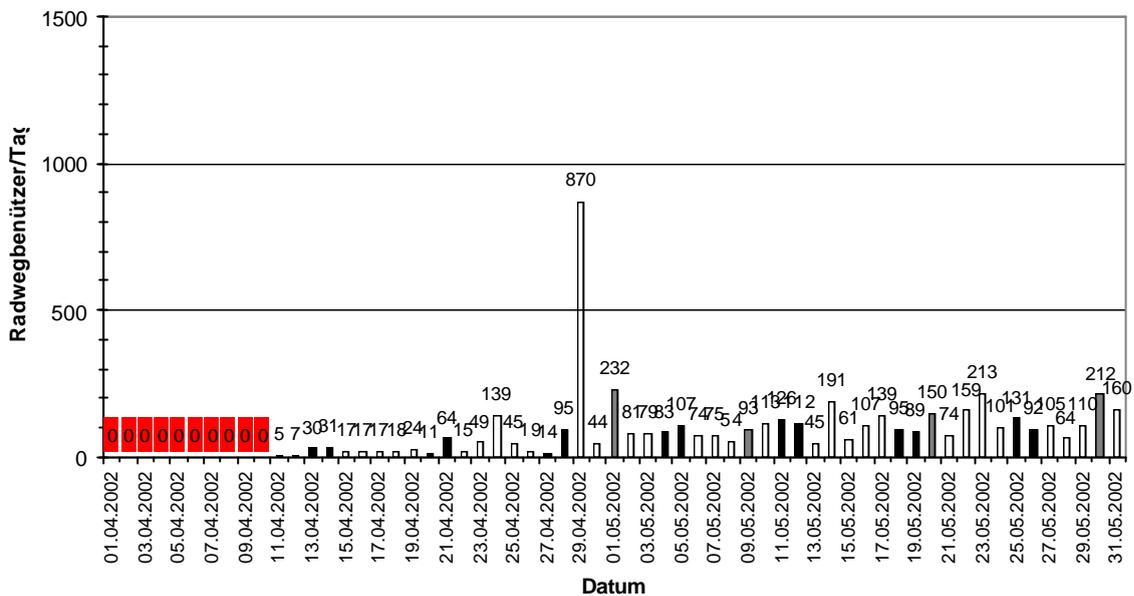
Dezember 2001- Jänner 2002, donauabwärts



Dezember 2001- Jänner 2002, donauaufwärts

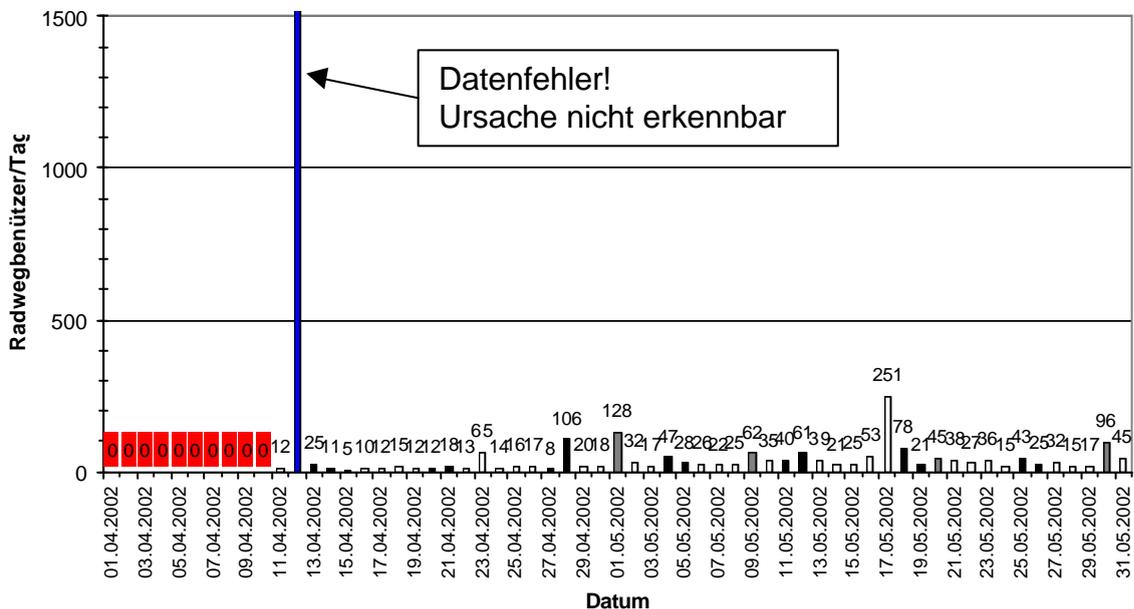


April- Mai 2002, donauabwärts

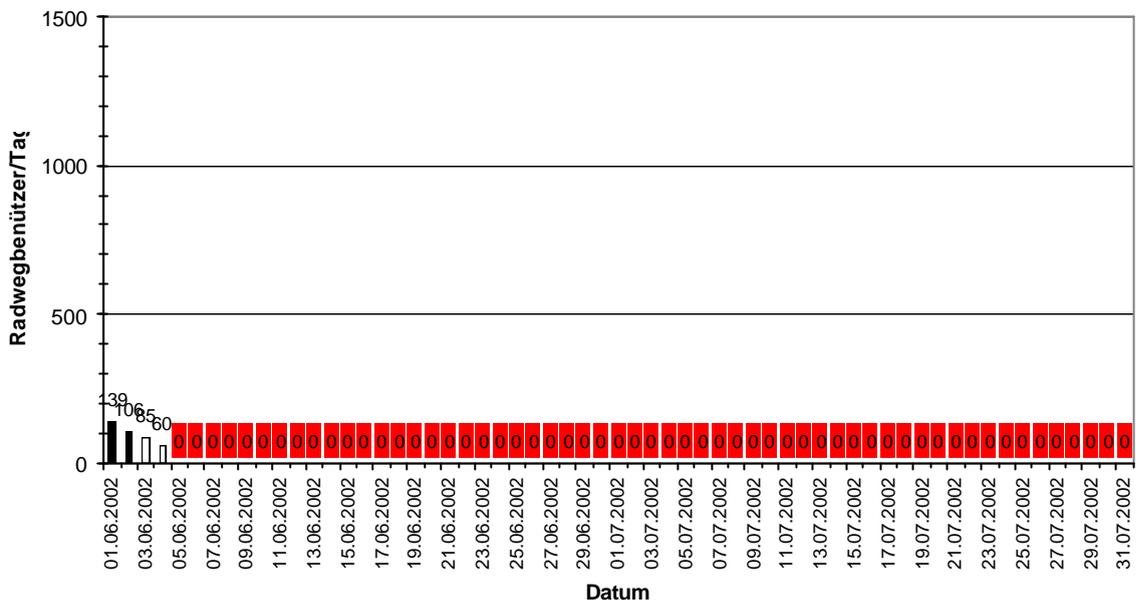


2608

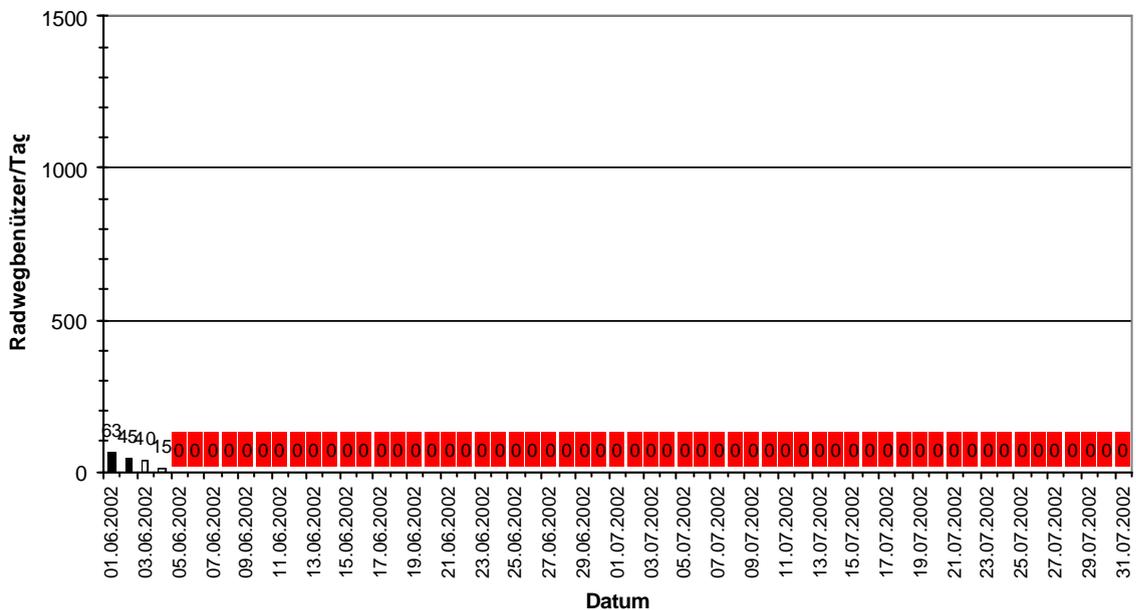
April- Mai 2002, donauaufwärts



Juni- Juli 2002, donauabwärts

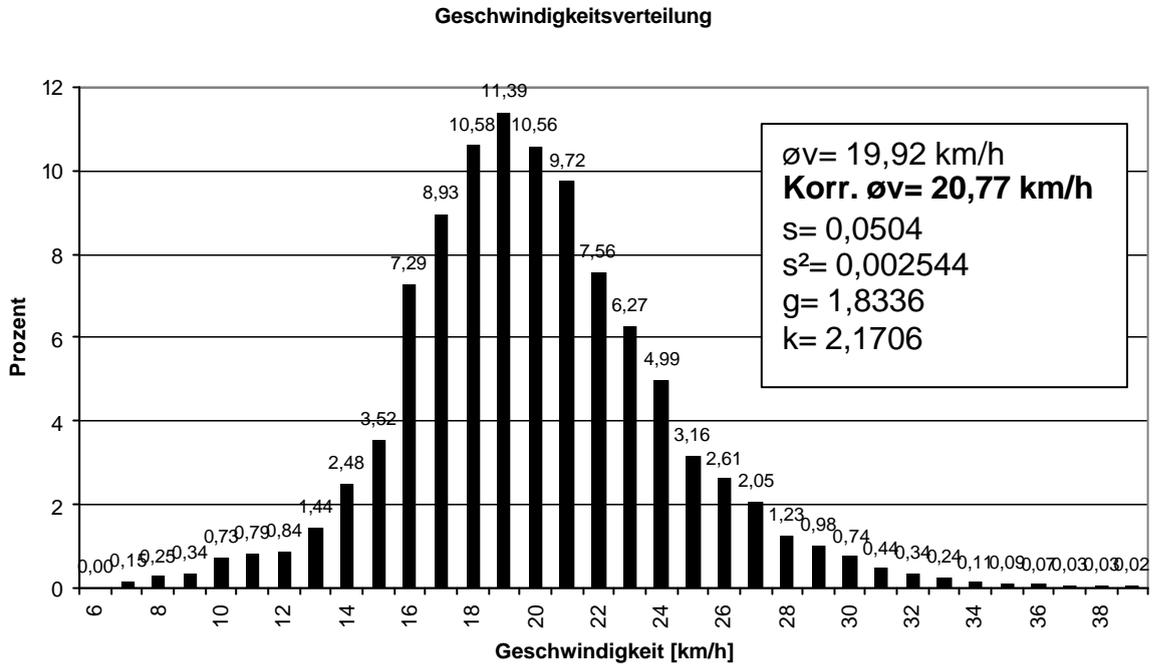


Juni- Juli 2002, donauaufwärts

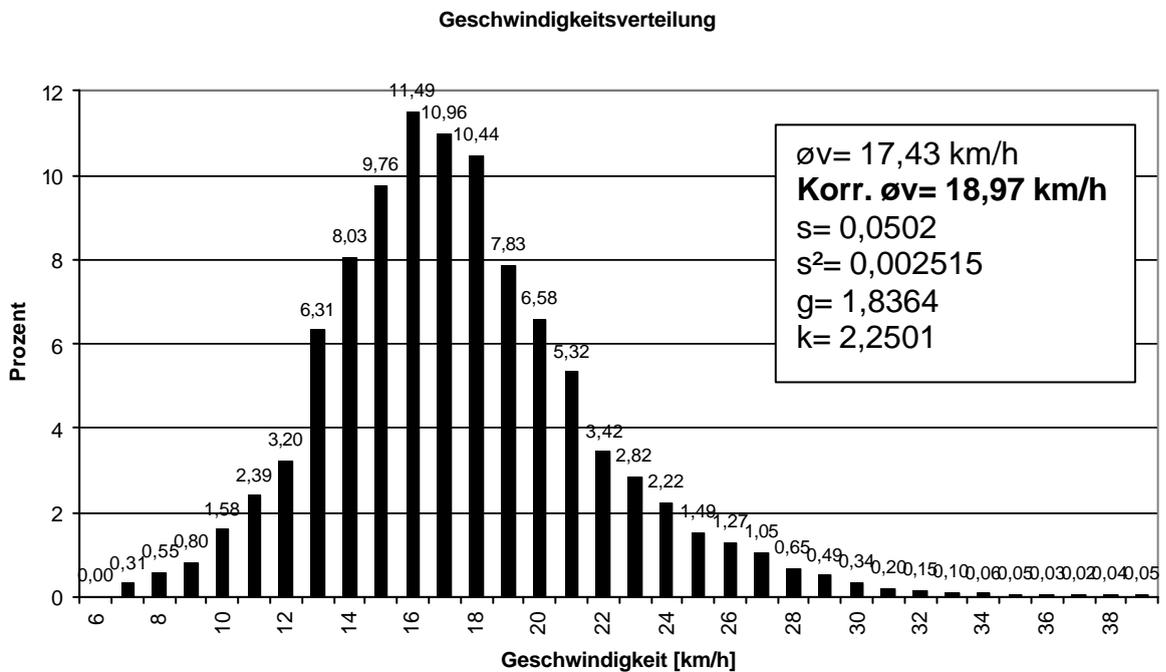


C.) Geschwindigkeitsverteilungen der drei Zählstellen

C 1.) Zählstelle 1 (Förthof)

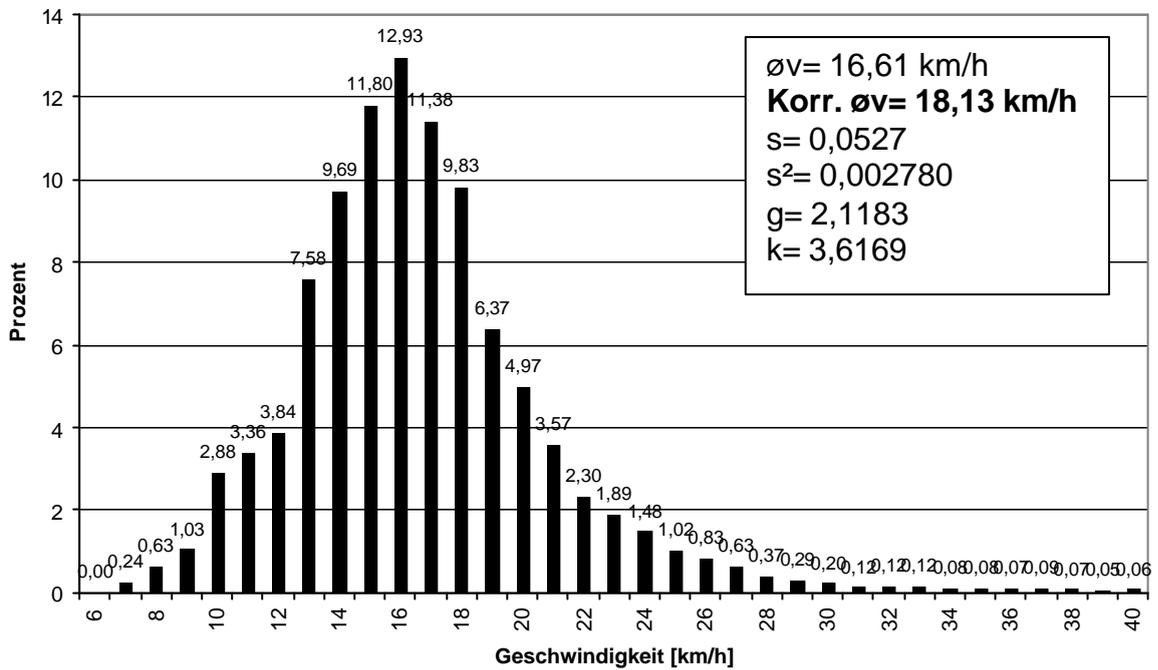


korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten
(donauabwärts)

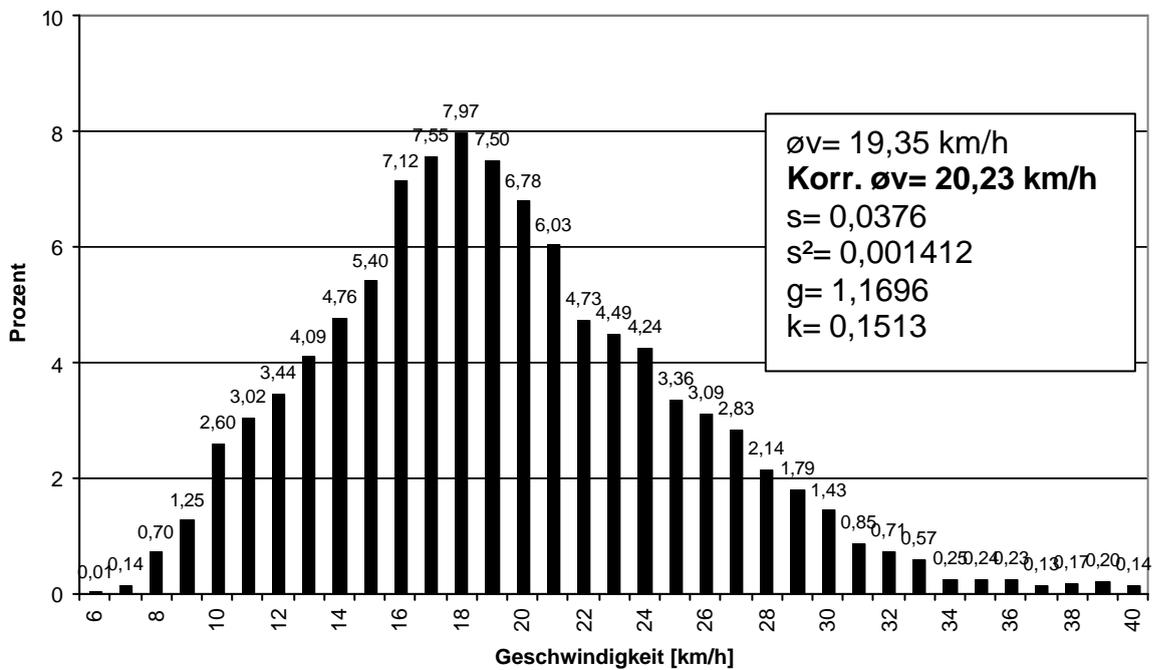


korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten
(donauaufwärts)

C 2.) Zählstelle 2 (Thallern)

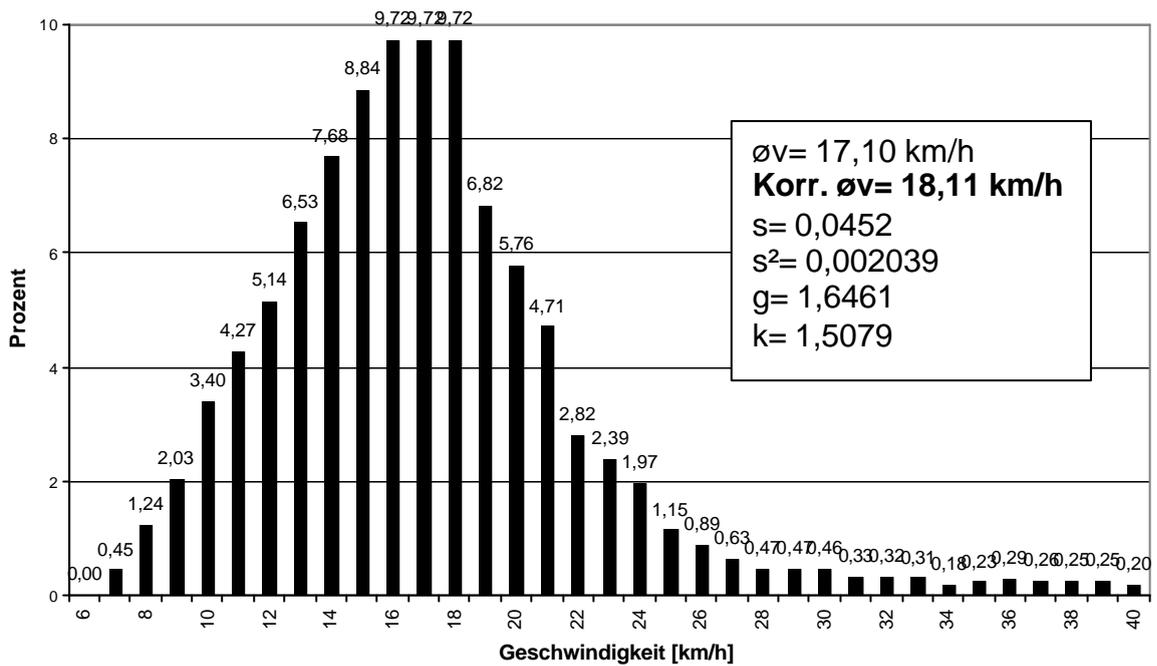


korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (donauabwärts)

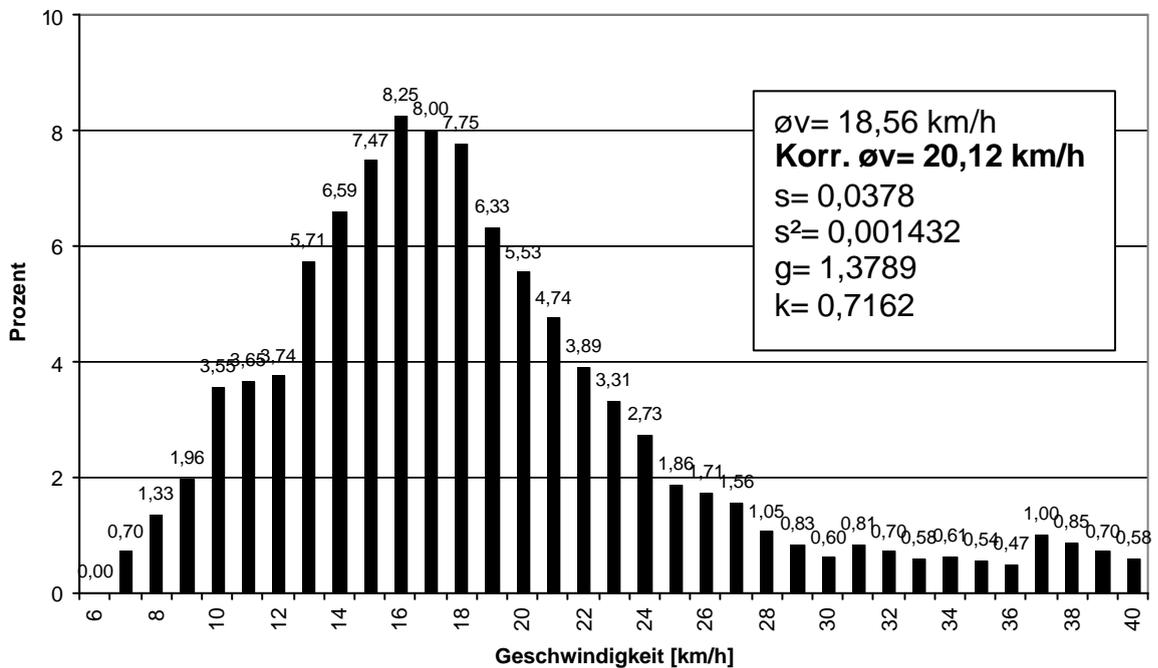


korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (donauaufwärts)

C 3.) Zählstelle 3 (Theiß)



korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (donauabwärts)



korrigierte relative Häufigkeit der aufgezeichneten Radargeschwindigkeiten (donauaufwärts)