

# **Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven**



**Gewässerkundlicher Bericht Nr. 2/2003**

**„Besonderheiten von Langzeitströmungs-  
messungen und Einzeltidenmessungen“**

Diplom-Geophysiker Rolf-Dieter Hansen

Aufgestellt:  
Cuxhaven; 27.06.03

## Besonderheiten von Langzeitströmungsmessungen und Einzeltidenmessungen Ein Vergleich beider Auswertverfahren

### Veranlassung

Die korrekte Beschreibung der Strömungsverhältnisse an einer bestimmten Position erfordert zumindest eine Messung der Strömung über einen doppelten Spring / Nipp – Zyklus, das ist die Zeit eines vollen Mondumlaufes um die Erde. Messtechnisch bedeutet das, dass der Strömungsmesser knapp 30 Tage (57 Tiden) störungsfrei messen und aufzeichnen muss.

Der jahreszeitliche Gang, bedingt durch den Sonnenstand, ist dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

In der Praxis lässt sich dieses aber leider nur selten bewerkstelligen. Zum Einen sind immer wieder Datenausfälle aus den unterschiedlichsten Gründen zu beklagen. Zum Anderen können Messgeräte an manchen Stellen nicht in einer Dauermessung eingesetzt werden.

Eine sehr häufige Fehlerquelle ist vor allem im Frühjahr die sogenannte **Verkrautung** durch biogene Treibsel, die die beweglichen Teile des Strömungsmessers bremsen bzw. gänzlich blockieren können. Je nach Größe der Datenlücken besteht die Gefahr, dass die gesamte Messreihe für statistische Betrachtungen und für zeitliche Vergleiche unbrauchbar wird. Aber auch andere Fehler treten auf wie z.B. **Fische im Rotor**, Plastikmüll, elektrisches oder elektronisches Versagen, Havarien.



Extreme Beispiele von Ausfällen

## **Variabilität von Strömungen**

Veränderungen im Strömungsverhalten festzustellen ist das häufigste Anliegen, wenn Strömungsmessungen im Rahmen von Beweissicherungen von Baumassnahmen durchgeführt werden.

Eine Tide mit einer beliebigen anderen zu vergleichen macht wenig Sinn, da die natürliche Variabilität enorm groß ist. Die astronomisch bedingten Variationen sind schon groß aber es kommen noch meteorologisch bedingte Variationen hinzu – Wind induzierte höhere oder niedrigere Wasserstände haben Einfluss auf Strömungen. Weiterhin hat die Höhe des Oberwassers je nach Entfernung von der Quelle (im Falle der Elbe vom Wehr Geesthacht) einen mehr oder weniger großen Einfluss.

Um einen Eindruck von der Größe der Variabilität zu gewinnen wird der Spring/Nipp Zyklus aus dem März/April 2002 an der LZ 5 betrachtet (siehe Anlagen 102 und 103). Die LZ 5 liegt vor der Insel Scharhörn im Übergangsbereich vom Scharhörner Watt zur tiefen Rinne der Elbe.

Die Wassertiefe beträgt dort nur etwa 5m bezogen auf Kartennull.

Im Flutstrom wird zur Nippzeit am 23.03.02 ein maximaler Wert von etwa 55 cm/sec ermittelt. In der folgenden Springzeit wird am 31.03.02 ein Wert von fast 190 cm/sec erreicht. Das ist eine Steigerung von weit über 300 %. Die Änderungen von Tag zu Tag sind entsprechend. Änderungen in dieser Größenordnung sind allerdings nicht so häufig. Die zugehörigen Ebbströme zeigen ein gänzlich anderes Verhalten: Sie sind erstens deutlich schwächer und zweitens ist die Varianz vergleichsweise sehr gering. Spring-Nipp-Unterschiede sind dort wenig bis gar nicht ausgeprägt.

Die Erklärung für die signifikanten Strömungserhöhungen fällt zunächst schwer. Der Wasserstand steigt bei Spring am Pegel Scharhörn etwa 80 bis 100 cm höher an als bei Nipp, das sind etwa 30% des mittleren Tidenhubs (Anlage 117). Wieso sich daraus 300% höhere Strömungen entwickeln ist noch nicht ersichtlich. Möglicherweise hängt dieses mit dem höheren Tidevolumen über dem Wattenmeer zusammen, das ab einem gewissen Wasserstand erheblich größer wird. Außerdem nehmen die Reibungskräfte wegen der geringen Wassertiefe über proportional ab.

Der schwache Ebbstrom hat seine Ursache in der Geometrie der Hauptrinne, die beginnend am Leitdamm eine Linkskurve beschreibt. Durch Trägheitskräfte wird die Hauptenergie rechtsseitig geführt.

## **Fragestellung**

Um jetzt Veränderungen im Strömungsverhalten darstellen bzw. nachweisen zu können, kommt man kaum umhin, sehr lange und vollständige Datensätze (57 Tiden) mit einer statistischen Auswertung zu verwenden.

Hier treten nun die oben erwähnten Schwierigkeiten auf. Immer wieder kommen große Datenlücken vor, die die Messung im Grunde genommen unbrauchbar machen. Jedenfalls ist die Verwertung sehr eingeschränkt und der Betrachter muss mit der Interpretation sehr zurückhaltend sein.

Zu einer möglichen Lösung des Problems ist die Frage zu beantworten, ob es eine repräsentative Tide gibt, deren Strömungsverhalten im Mittel dem Gesamtmittel eines Spring/Nipp Zykluses entspricht.

Da die einlaufende Tide in der Nordsee die Ursache (Hauptursache) für die Strömungen in der Elbe ist, kann erwartet werden, dass eine mittlere Tidewelle auch mittlere Strömungsverhältnisse ‚produziert‘. Ebenso kann erwartet werden, dass der Mittelwert aus

einer langen Strömungszeitreihe (Ebbe und Flut getrennt) in einer gewissen Relation zu den Mittelwerten aus den Tidewellen steht.

In einer ersten Untersuchung sollen solche Tiden untersucht werden, die dem mittleren Tideverlauf des Jahres im Thw und Tnw am nächsten kommen. Sie werden in Relation gesetzt zu den Ergebnissen aus Dauermessungen von Strömungen – nämlich zu den zugehörigen Zyklen von Neumond bis Neumond.

Falls eine direkte Beziehung nachgewiesen werden kann, könnte sich die Strömungsauswertung einer unvollständigen Spring/Nipp Phase auf die Betrachtung einer einzelnen Tide reduzieren und der gesamte Messeinsatz wäre nicht hinfällig.

## **Schaffung der Datenbasis**

Aus den Jahresreihen der Langzeitmessstationen LZ1 bis LZ5 sowie LZ4b wurden 6 Messzyklen von Neumond zu Neumond ausgewertet.

Die 36 Datenreihen liegen vollständig vor, mit einer kleinen Einschränkung: Der Zyklus im August 1998 an der LZ5 reicht wegen eines Datenausfalls von Vollmond zu Vollmond. Mit Hilfe der Wasserstandslisten für den Pegel Großer Vogelsand wurden die zugehörigen Einzeltiden ausgewählt. Zu erwarten ist eine mittlere Tide immer zwischen Spring und Nipp. Mit Ausnahme vom 15.05.02 ist das auch immer der Fall. Bei dieser Ausnahme liegt die ermittelte mittlere Tide in der ausklingenden Springzeit.

Die unten folgende Tabelle enthält die Daten im Detail.

<b>Zyklus</b>	<b>Einzeltide</b>	<b>Strömungsmesser</b>
26.02. bis 28.03.1998	20.03.1998	LZ1 bis LZ5; LZ4b
26.04. bis 24.05.1998	02.05.1998	w.o.
23.07. bis 22.08.1998	19.08.1998	w.o.
14.03. bis 11.04.2002	21.03.2002	w.o.
12.05. bis 10.06.2002	15.05.2002	w.o.
08.08. bis 06.09.2002	20.08.2002	w.o.

Diese Auswertungen repräsentieren folgende unterschiedliche Zustände:

1. 6 verschiedene Standorte
2. 6 verschiedene Zeiträume
3. 2 verschiedene morphologische Zustände (vor/nach Vertiefung)
4. 2 rechtseitige und 4 linksseitige Messpositionen

Aus den Jahreszeitreihen der 6 Langzeitstationen wurden zunächst die Zyklen extrahiert und in eine EXCEL-Tabelle transferiert. Mit Hilfe von EXCEL wurden Ebbe- und Flutdaten getrennt in Tabellen dargestellt und anschließend wurden die Extrema und Mittelwerte bestimmt. Weiterhin wurden für jeden Zyklus eine Trendlinie bestimmt, die in etwa die Entwicklung der mittleren Verhältnisse von Neumond zu Neumond widerspiegelt. Die Steigung der Trendlinie ist für gewöhnlich negativ. Theoretisch muss das auch so sein, wenn ein Zyklus von Neumond bis Neumond betrachtet wird. D.h. es sollten anfänglich immer die höchsten Strömungen auftreten. In der Elbe ist das wegen der Springverspätung nach 2-3 Tagen der Fall. Der klassische Verlauf wird dokumentiert im Spring/Nipp Zyklus

vom 26.02.98 bis 27.03.98 an der LZ4 (siehe Anlage 57) Natürlicherweise ist der Verlauf nicht immer klassisch. Es werden auch positive Steigungen beobachtet, wie z. B. im Zyklus vom 23.07.98 bis 22.08.98 an der Langzeitmessstation LZ4b. (Anlage 82 Ebbstrom.....) Diese haben ihre Ursachen in anderen, meist meteorologischen Bedingungen, die eine Tide über den astronomischen Einfluss hinaus beeinflussen. In diesem Beispiel sind die Strömungen in der Springzeit bei Vollmond höher als bei Neumond. Auf Fernwellen aus Nordsee und Nordatlantik soll an dieser Stelle noch nicht eingegangen werden.

Aus den Zyklen wurden danach die in der Tabelle bezeichneten Einzeltiden extrahiert. Auch hierfür wurden mit EXCEL getrennt nach Ebbe und Flut die Strömungsmittelwerte bestimmt.

Alle 3 Zeitreihen (je 57 Flutäste, 57 Ebbeäste, Einzeltide) wurden grafisch dargestellt. Um die Zusammenhänge sauber zu dokumentieren, wurden auch alle 3 mal 36 Grafiken in diesen Bericht übernommen, auch wenn dadurch der Bericht etwas umfangreicher wird (Anlagen 3 bis 110) .

In der unten zusammengestellten Übersicht werden die Ergebnisse von Strömungsmittelwerten der Zyklen und der Einzeltiden gegenübergestellt.

## **Ergebnisse**

Als erstes fiel bei der Auswertung auf, dass die Abweichungen der Ergebnisse von Einzeltide und Zyklus relativ klein waren. Aus diesem Grunde wurde eine größere Zahl von Vergleichen durchgeführt und ausgewertet, um über statistische Methoden einen Nachweis über einen linearen Zusammenhang zu erbringen. Die größten Abweichungen sind tendenziell auch bei den höchsten Strömen zu beobachten (fast ausschließlich an der LZ2).

Die Ergebnisse der Statistik sind wie folgt:

	Flut	Ebbe
Mittelwerte der Differenzen	-1,5	-0,4
Minimum der Differenzen	-15,9	-15,4
Maximum der Differenzen	16,6	13,4
Durchschnittliche Abweichung v. Mittel	4,3	4,7
Standardabweichung	5,6	6,2

Alle angegebenen Zahlenwerte haben die Einheit cm/sec.

Um eine Vorstellung von der Form einer Stichprobenverteilung zu erhalten, werden die 36 Beobachtungen in 10 Klassen von je 3 cm/sec gruppiert. Damit ergibt sich die in der Anlage 111 dargestellte Häufigkeitsverteilung. Aus dieser unten zahlenmäßig dargestellten Häufigkeitsverteilung ergibt sich, dass in etwa 75% aller Fälle die Abweichungen zwischen der mittleren Geschwindigkeit einer ausgesuchten Einzeltide und der mittleren Geschwindigkeit in dem zugehörigen Spring/Nipp-Zyklus nur + oder – 6cm/sec betragen. Sogar 90 % aller Fälle liegen im Bereich +/- 9cm/sec.

	Besetzungszahl			Häufigkeit in %		
	Flutströme	Ebbströme	Gesamt	Flutströme	Ebbströme	Gesamt
< -12	1	2	3	2,8%	5,6%	4,2%
-12 bis < -9	0	1	1	0,0%	2,8%	1,4%
-9 bis < -6	6	3	9	16,7%	8,3%	12,5%
-6 bis < -3	6	4	10	16,7%	11,1%	13,9%
-3 bis < 0	8	8	16	22,2%	22,2%	22,2%
0 bis < 3	6	7	13	16,7%	19,4%	18,1%
3 bis < 6	8	7	15	22,2%	19,4%	20,8%
6 bis < 9	0	1	1	0,0%	2,8%	1,4%
9 bis < 12	0	2	2	0,0%	5,6%	2,8%
12 u. größer	1	1	2	2,8%	2,8%	2,8%

Gesamt	36	36	72
--------	----	----	----

### **Ungewöhnliche Strömungsverläufe:**

Hiernach folgt in tabellarischer Form eine Auflistung von Strömungsverläufen, die abweichend von der Norm die starke Variabilität sowohl der Einzeltiden als auch der Gruppen von Tiden zeigen.

Anlage 21 LZ2 Flut Februar/März 1998	Extrem hohe Geschwindigkeiten bei Neumond Spring Sehr hoher Gradient zwischen Neumond Spring und Nipp
Anlage 22 LZ2 Ebbe Februar/März 1998	Wie vor, aber keine Ausprägung eines Vollmond-Spring-Signales
Anlage 30 LZ2 Flut März/April 2002	Größere Springverspätung, stärkere Strömungen bei Vollmond-Spring
Anlage 34 LZ2 Ebbe Mai/Juni 2002	In beiden Nipp-Phasen sind höhere Strömungen als in den Spring-Zeiten zu verzeichnen
Anlage 39 LZ3 Flut Februar/März 1998	Stärkeres Spring-Signal bei Vollmond und gleichzeitig sehr hoher Gradient
Anlage 40 LZ3 Ebbe	Gleiches Verhalten wie bei Flut
Anlage 51 LZ3 Flut/Ebbe Mai/Juni 2002	Sehr schwach ausgeprägtes Spring-Nipp-Signal
Anlage 70 LZ4 Ebbe Mai/Juni 2002	Wenig Spring/Nipp-Unterschiede, aber höhere Nippströmungen
Anlage 102 LZ5 Flut März/April 2002	Sehr große Unterschiede zwischen Spring- und Nipp-Signal, zusätzlich ist das Vollmond-Spring-Signal stärker
Anlage 102 LZ5 Ebbe März/April 2002	Strömungen sind sehr viel schwächer als bei Flut, keine signifikanten Spring/Nipp Unterschiede

## **Bewertung:**

Die Differenzen aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit in einer ausgewählten Einzeltide und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im zugehörigen Spring/Nipp Zyklus streuen um Mittelwerte, die dicht bei Null liegen (siehe Anlage 112). Die Abweichungen vom Mittel und die Varianzen sind relativ klein und es gibt keinen wirklichen Ausreißer. Weiterhin wurde eine hohe prozentuale Wahrscheinlichkeit für eine kleine Abweichung zwischen den verglichenen Mittelwerten ermittelt.

Das bedeutet im Ergebnis: Die mittlere Strömung einer ausgesuchten Tide, die im Verlauf der über das Jahr gemittelten Tide nahe kommt, kann die mittlere Strömung eines vollständigen Spring/Nipp-Zyklus im Rahmen kleiner Fehlergrenzen ersetzen. Diese Tatsache erleichtert die Betrachtung von dynamischen Entwicklungen von Strömungen über einen längeren Zeitraum erheblich, da einerseits die Dauer der Messzyklen verkleinert werden kann, bzw. Datenausfälle verkraftet werden können und andererseits die auszuwertende Datenmenge deutlich verkleinert werden kann.

Zum Testen des o.a. Ergebnisses wird die Strömungsentwicklung der mittleren Strömungen an den 6 Dauermessstationen getrennt nach Einzeltide und Zyklus von 1998 bis 2002 betrachtet. Die Anlagen 113 bis 116 zeigen dazu die Ergebnisse. Beide Auswerteverfahren bilden im Rahmen der ermittelten Abweichungen die Strömungsverhältnisse gleich oder zumindest sehr ähnlich ab.



**Dauermessstation LZ3 Altenbrucher Bogen**

Nach obiger statistischer Auswertung muss für die Einzeltidenauswertung mit einer Genauigkeit von 6 cm/sec (75% Wahrscheinlichkeit) gerechnet werden. Da in diesem Beispiel die Unterschiede nach 4 Jahren betrachtet werden, macht das 1,5 cm/sec/Jahr. Kleine Jahresänderungen, die in diesem Bereich und darunter liegen, müssen weiterhin durch geeignete Langzeitmessungen verifiziert werden bzw. die Strömungsverhältnisse sind im Rahmen der möglichen Genauigkeit als stabil anzusehen. Das ist zum Beispiel bei LZ 5 in beiden Tidenphasen der Fall, während in der Flutphase an der LZ 3 durch die Auswertung der doppelten Spring/Nipp Zyklen der negative Trend bestätigt bzw. nachgewiesen wird.

Lfd. Nr.	Station	Datum Einzeltime	Mittelwerte (cm/sec)		Spring/Nipp Zyklus	Mittelwerte (cm/sec)		Differenzen (cm/sec)		Anlagen		
			Flut	Ebbe		Flut	Ebbe	Flut	Ebbe	Flut	Ebbe	Einzel
1	LZ1	20.03.98	58.2	58.5	26.02. - 28.03.98	65.6	59.2	-7.4	-0.7	3	4	5
2	LZ1	02.05.98	64.6	60.7	26.04. - 24.05.98	63.7	61	0.9	-0.3	6	7	8
3	LZ1	19.08.98	56.9	55.8	23.07. - 22.08.98	60.1	55.2	-3.2	0.6	9	10	11
4	LZ1	21.03.02	72.7	56.2	14.03. - 12.04.02	71.7	53	1	3.2	12	13	14
5	LZ1	15.05.02	68.2	58.3	12.05 - 11.06.02	71.2	56.1	-3	2.2	15	16	17
6	LZ1	20.08.02	70.7	62.9	08.08. - 06.09.02	70.9	59.7	-0.2	3.2	18	19	20
7	LZ2	20.03.98	89.1	69.6	26.02. - 28.03.98	105	85	-15.9	-15.4	21	22	23
8	LZ2	02.05.98	98.2	59.8	26.04. - 24.05.98	100.9	73.9	-2.7	-14.1	24	25	26
9	LZ2	19.08.98	123	97.6	23.07. - 22.08.98	106.4	84.2	16.6	13.4	27	28	29
10	LZ2	21.03.02	83.3	61	14.03. - 12.04.02	78.8	66.7	4.5	-5.7	30	31	32
11	LZ2	15.05.02	85.9	70	12.05 - 11.06.02	85	63.3	0.9	6.7	33	34	35
12	LZ2	20.08.02	75.2	78.9	08.08. - 06.09.02	77.6	75	-2.4	3.9	36	37	38
13	LZ3	20.03.98	59.6	58.2	26.02. - 28.03.98	66.7	66.2	-7.1	-8	39	40	41
14	LZ3	02.05.98	63.6	56.6	26.04. - 24.05.98	67.2	64	-3.6	-7.4	42	43	44
15	LZ3	19.08.98	57.7	54.3	23.07. - 22.08.98	59.3	55.2	-1.6	-0.9	45	46	47
16	LZ3	21.03.02	55.6	73.9	14.03. - 12.04.02	61.5	76.6	-5.9	-2.7	48	49	50
17	LZ3	15.05.02	61.5	80.8	12.05 - 11.06.02	58.4	76.4	3.1	4.4	51	52	53
18	LZ3	20.08.02	54.4	79.9	08.08. - 06.09.02	57.4	77.8	-3	2.1	54	55	56
19	LZ4	20.03.98	60	51.2	26.02. - 28.03.98	60.4	62.4	-0.4	-11.2	57	58	59
20	LZ4	02.05.98	52.3	51	26.04. - 24.05.98	57.5	55.6	-5.2	-4.6	60	61	62
21	LZ4	19.08.98	54.2	54.2	23.07. - 22.08.98	57.3	56.8	-3.1	-2.6	63	64	65
22	LZ4	21.03.02	61.3	72.8	14.03. - 12.04.02	68.6	75.8	-7.3	-3	66	67	68
23	LZ4	15.05.02	72.9	77.9	12.05 - 11.06.02	72.4	73.7	0.5	4.2	69	70	71
24	LZ4	20.08.02	64.4	75.3	08.08. - 06.09.02	71.8	77.1	-7.4	-1.8	72	73	74
25	LZ4b	20.03.98	57.7	79.8	26.02. - 28.03.98	62	77.1	-4.3	2.7	75	76	77
26	LZ4b	02.05.98	64.7	80.9	26.04. - 24.05.98	59.9	71.4	4.8	9.5	78	79	80
27	LZ4b	19.08.98	65.3	77.5	23.07. - 22.08.98	62.2	75.2	3.1	2.3	81	82	83
28	LZ4b	21.03.02	65.5	87	14.03. - 12.04.02	71.2	84.3	-5.7	2.7	84	85	86
29	LZ4b	15.05.02	73.7	96.2	12.05 - 11.06.02	70.8	84.9	2.9	11.3	87	88	89
30	LZ4b	20.08.02	76.4	93.6	08.08. - 06.09.02	70.6	88.5	5.8	5.1	90	91	92
31	LZ5	20.03.98	45.5	27.3	26.02. - 28.03.98	51.1	31.1	-5.6	-3.8	93	94	95
32	LZ5	02.05.98	62.1	28.7	26.04. - 24.05.98	61.1	35.6	1	-6.9	96	97	98
33	LZ5	19.08.98	45.5	30.5	08.08. - 05.09.98	50.5	30.7	-5	-0.2	99	100	101
34	LZ5	21.03.02	46	31.1	14.03. - 12.04.02	54.9	32.6	-8.9	-1.5	102	103	104
35	LZ5	15.05.02	62.1	30.3	12.05 - 11.06.02	56.7	31.5	5.4	-1.2	105	106	107
36	LZ5	20.08.02	55.4	28.1	08.08. - 06.09.02	50.9	26.9	4.5	1.2	108	109	110

**Gesamtmittelwerte**

**66.2**

**63.0**

**67.7**

**63.3**

**-1.5**

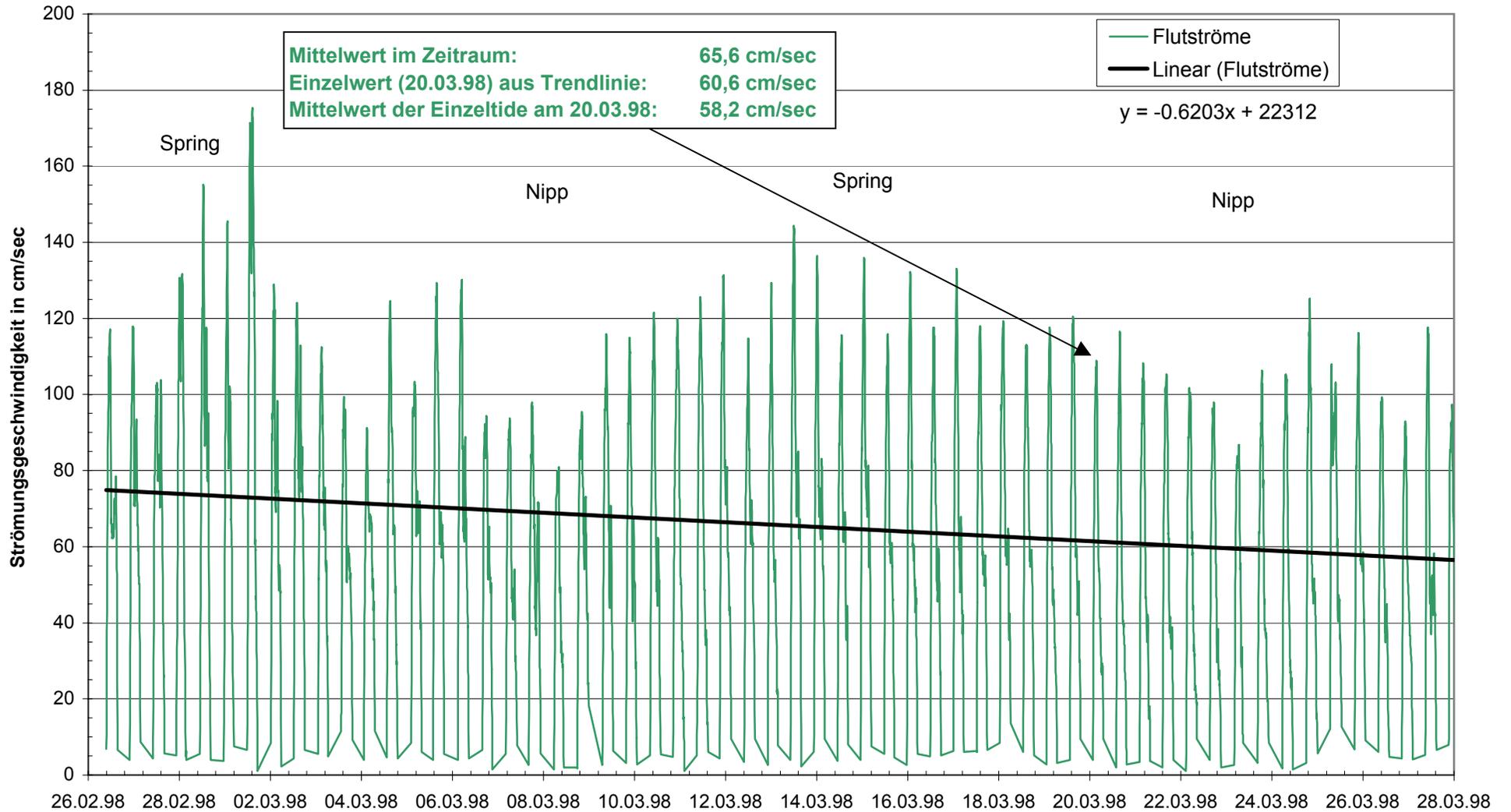
**-0.4**

Gewässerkunde  
**Anlage 2**

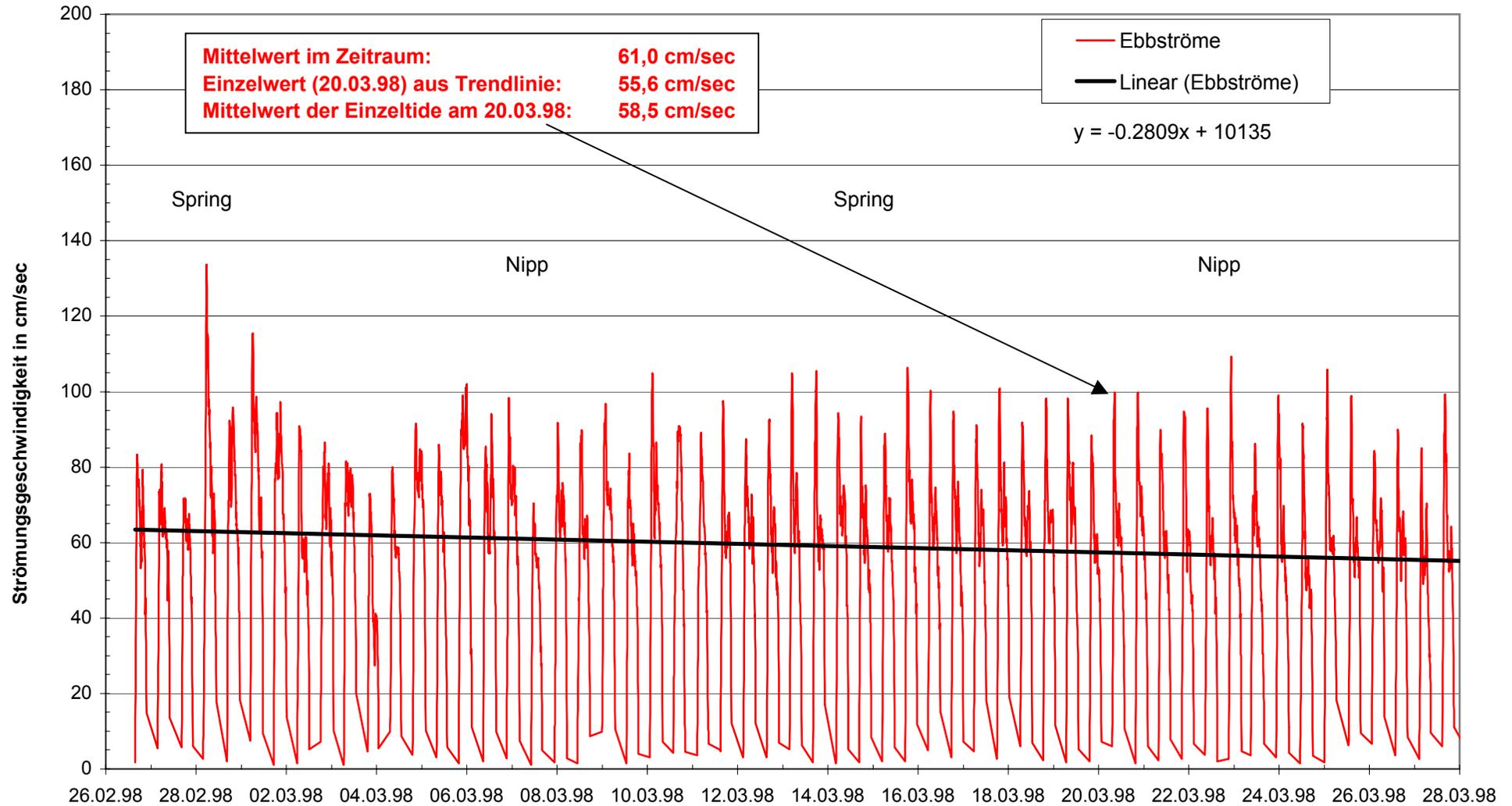
WSA Cuxhaven, 20.06.03

Abw\_Einzeltime\_Zyklus\_6.xls  
13.06.05

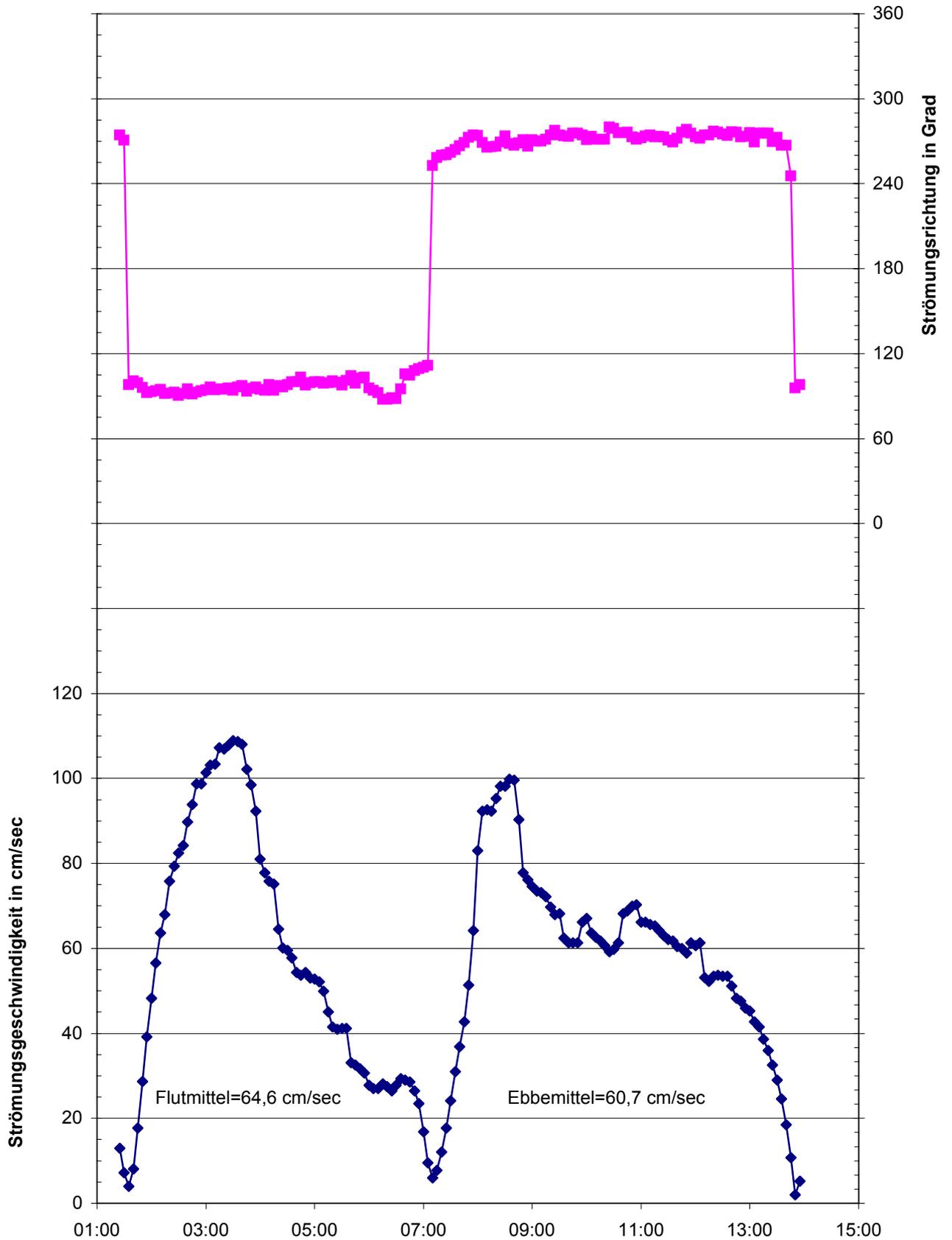
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



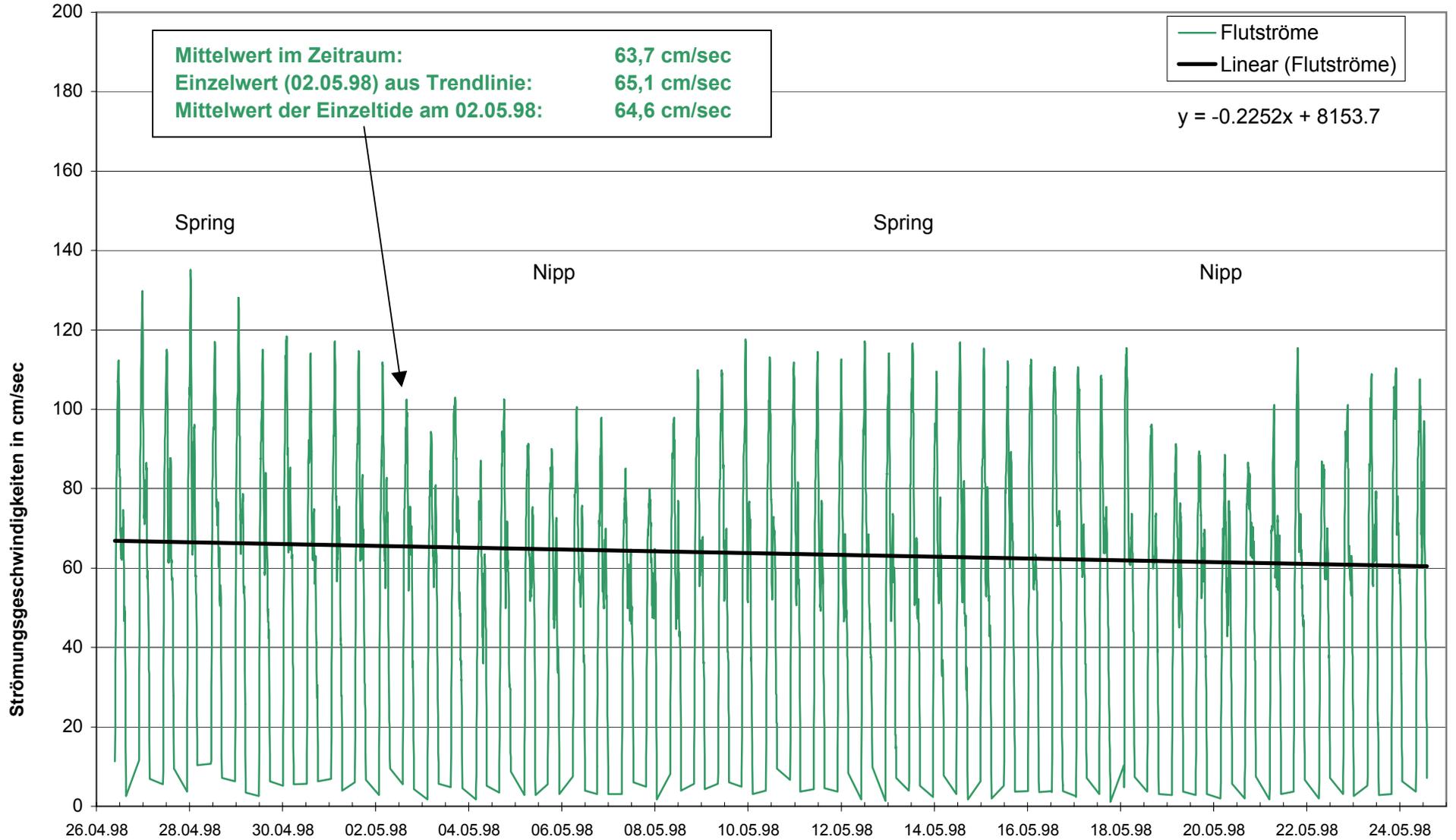
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



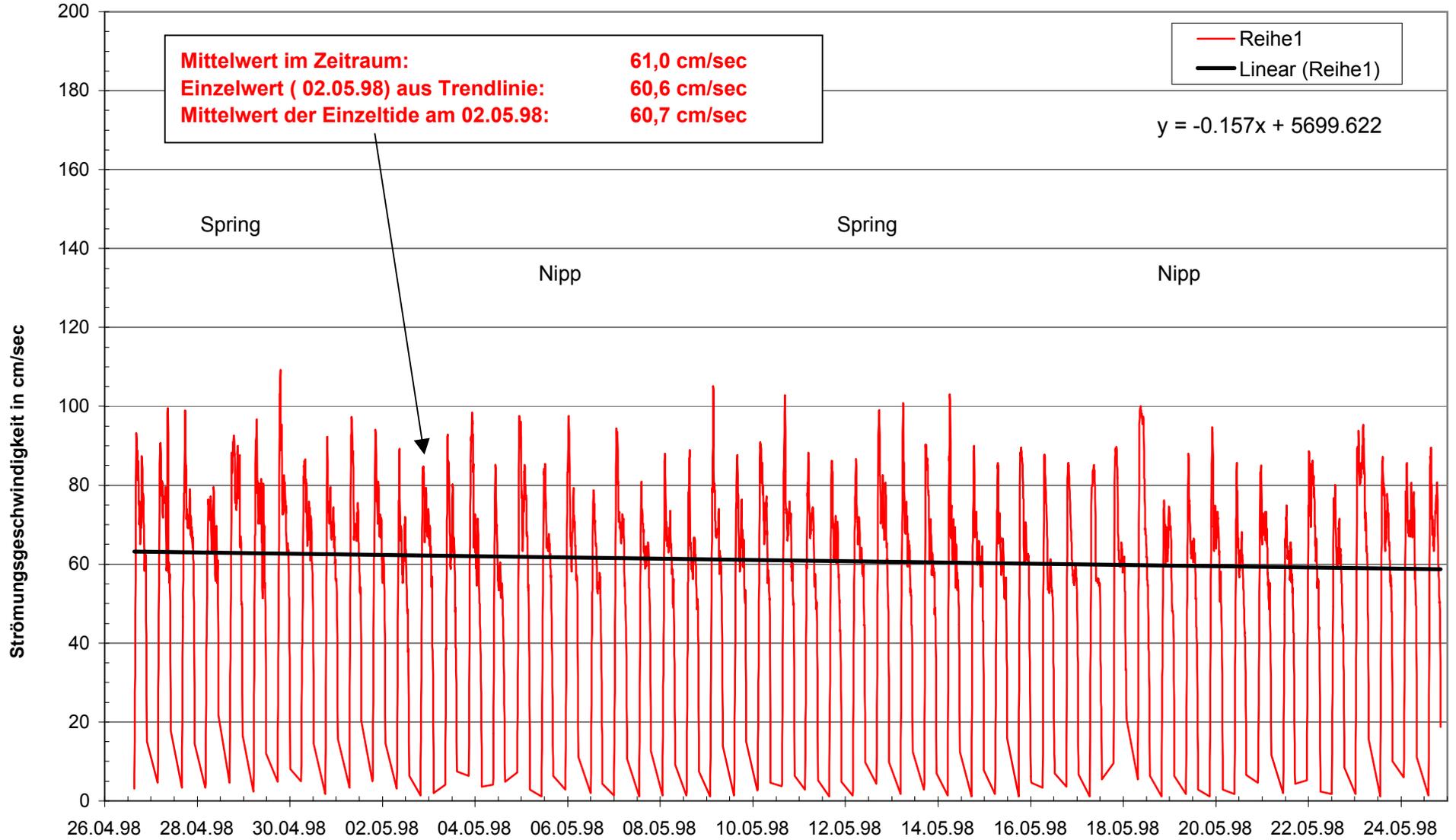
Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich  
 Strömungen am 20.03.1998 Boden nah



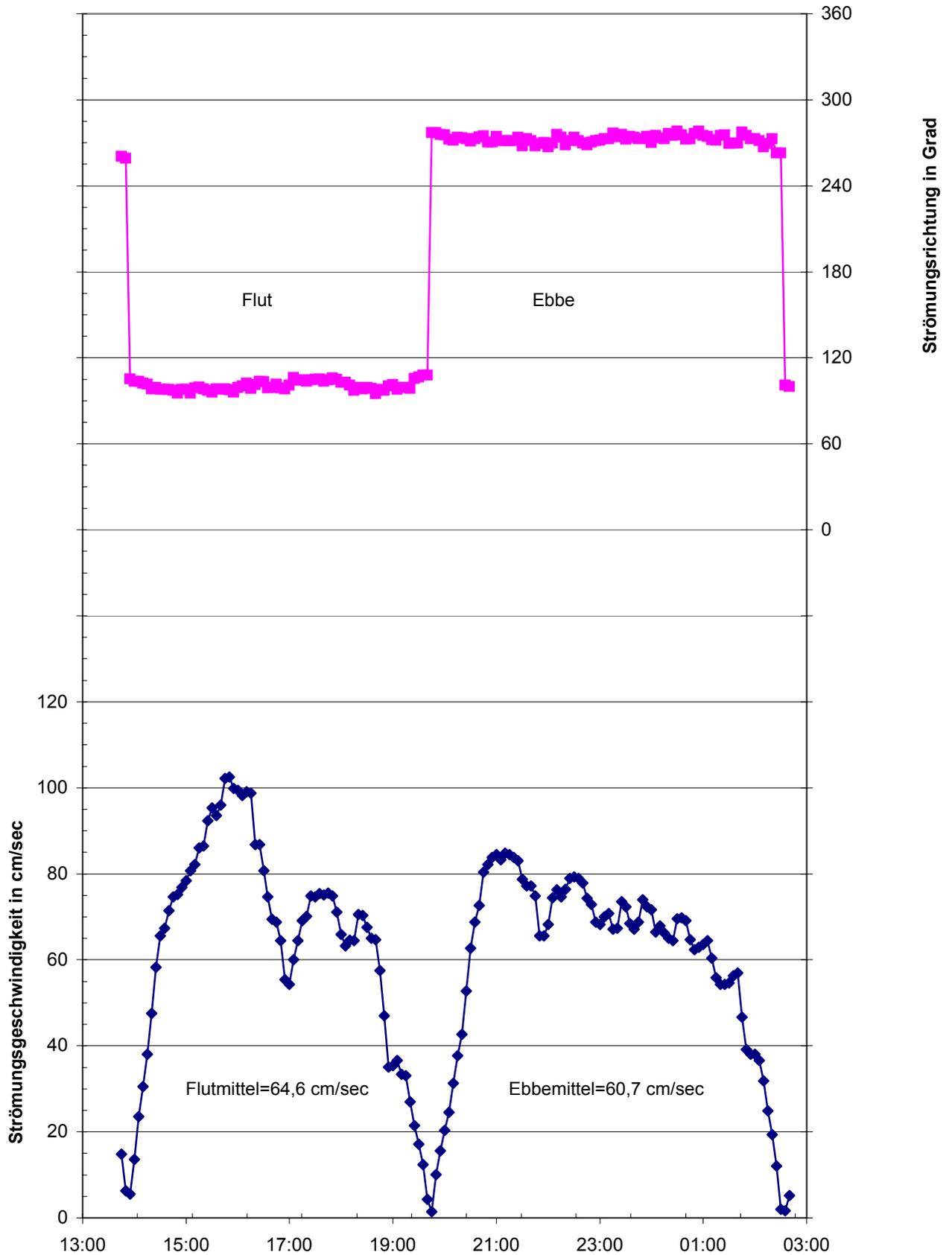
**Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich**



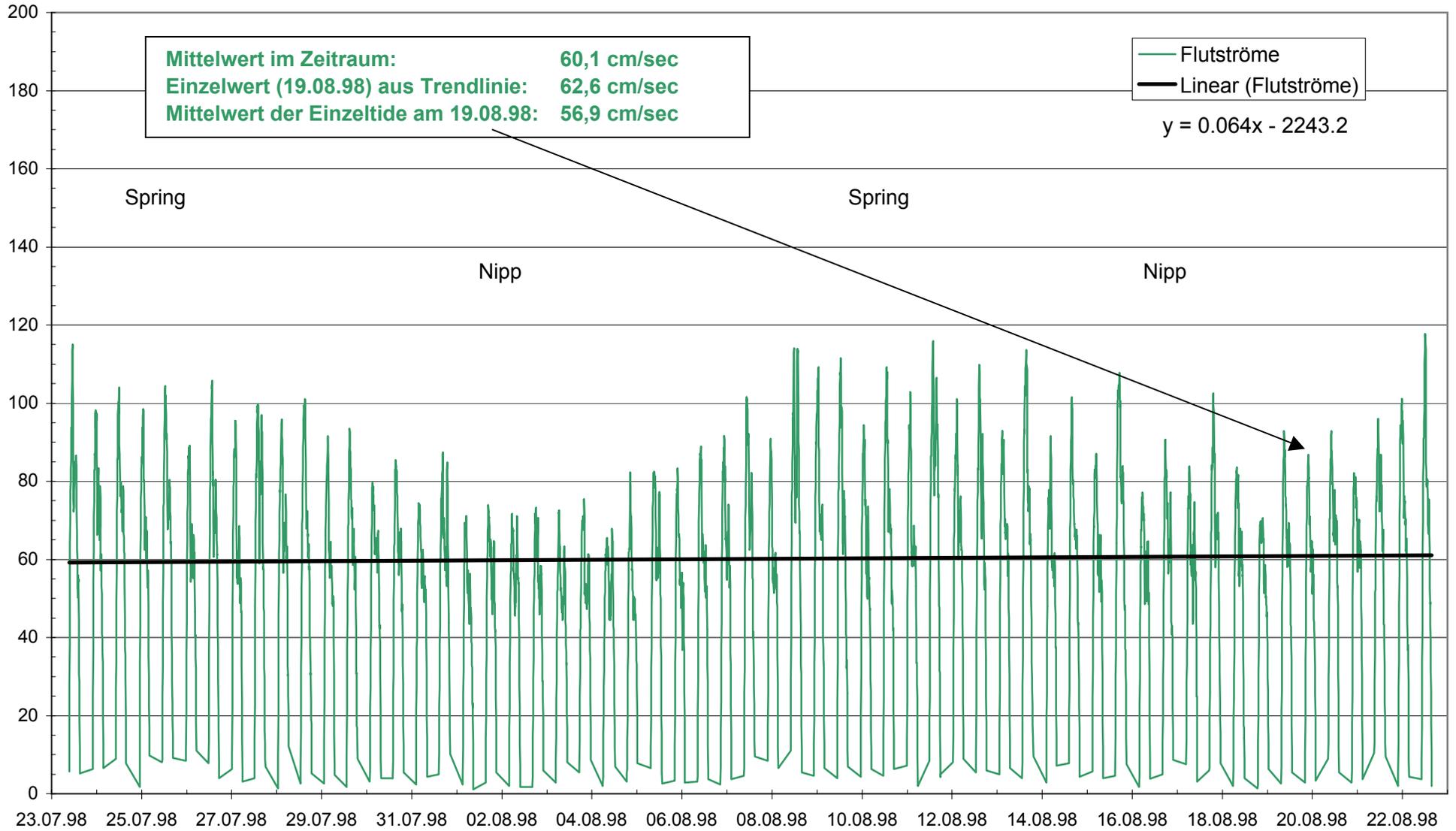
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmesstation LZ1 Krummendeich**



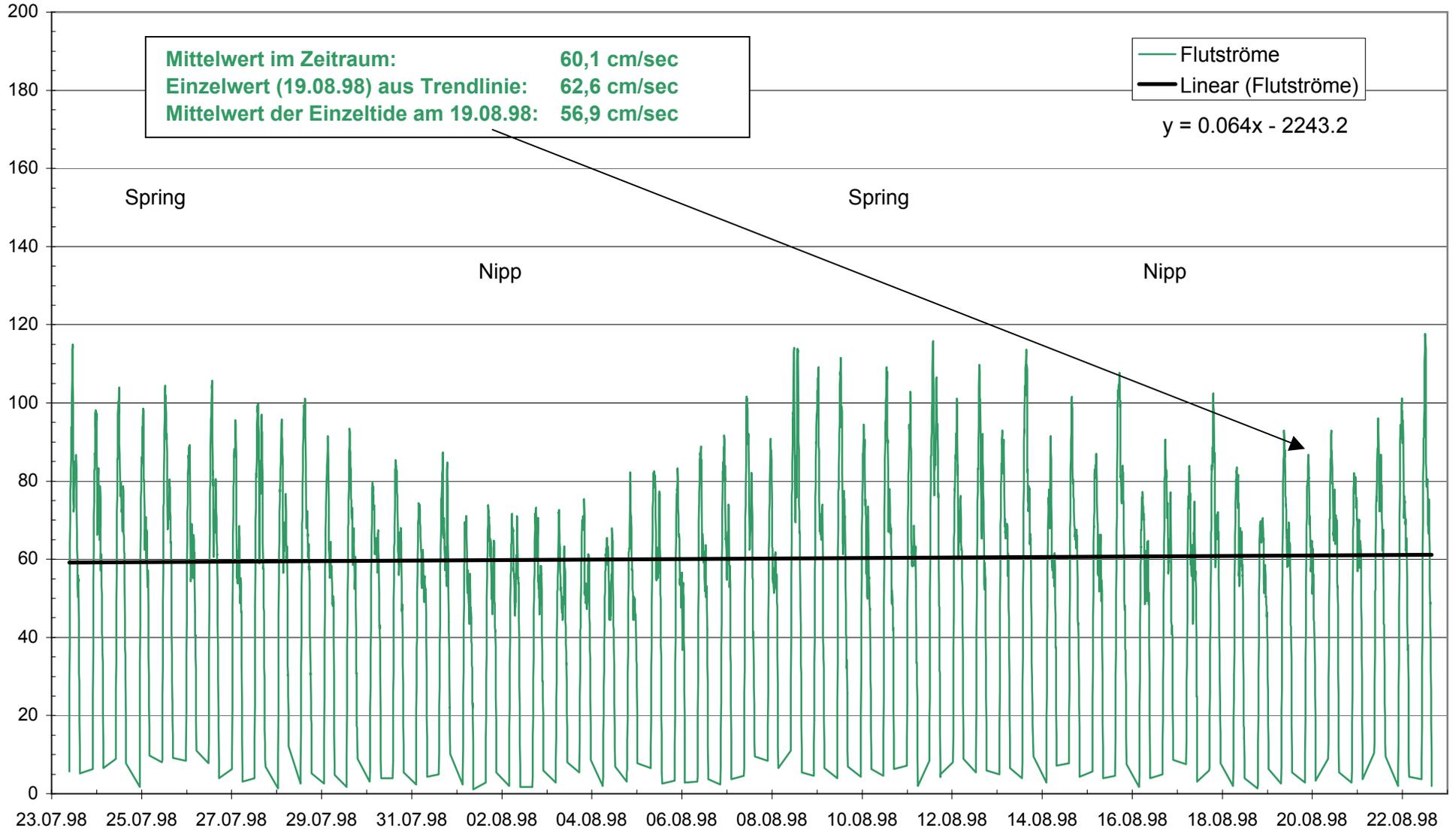
Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich  
 Strömungen am 02.05.1998 Boden nah



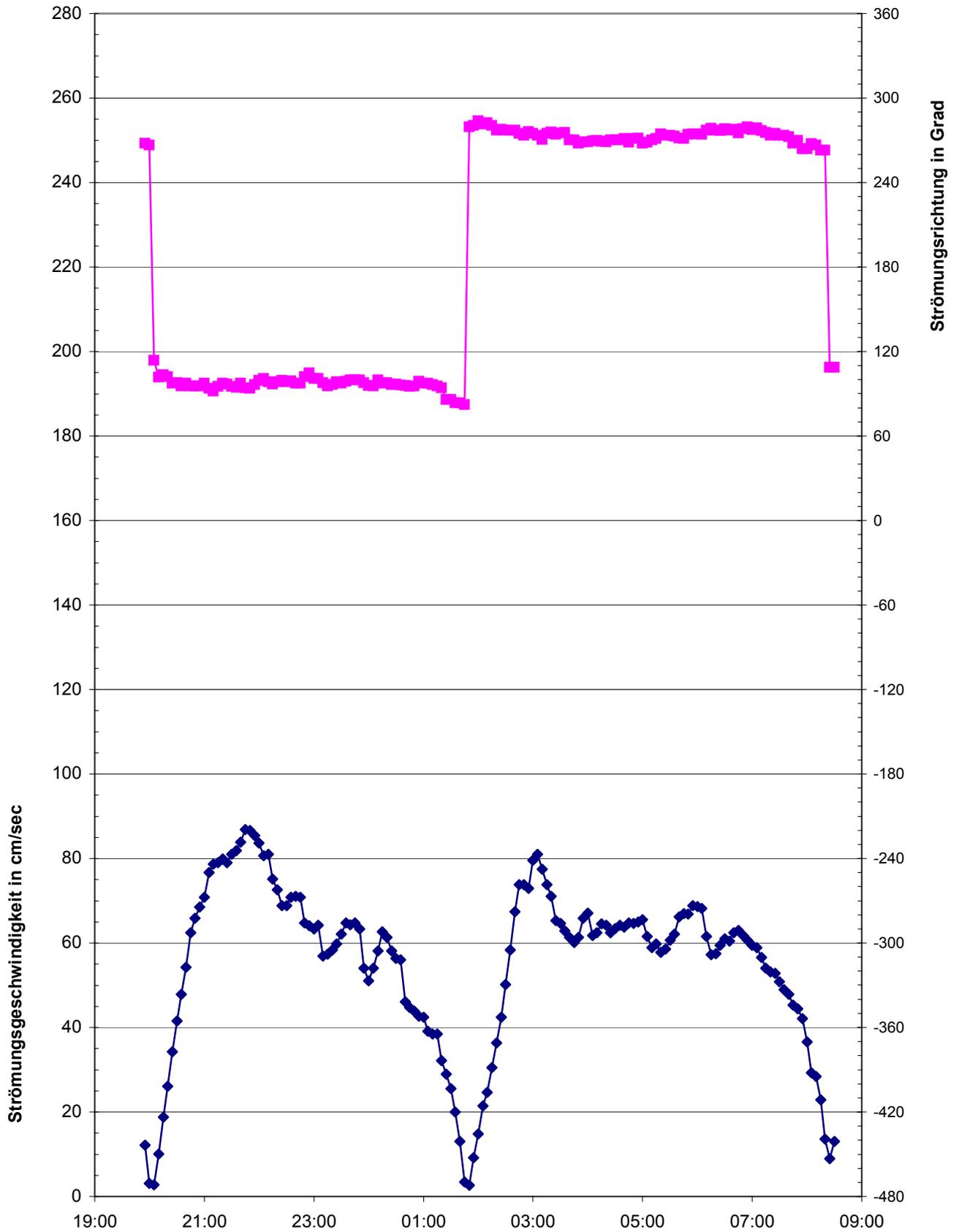
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



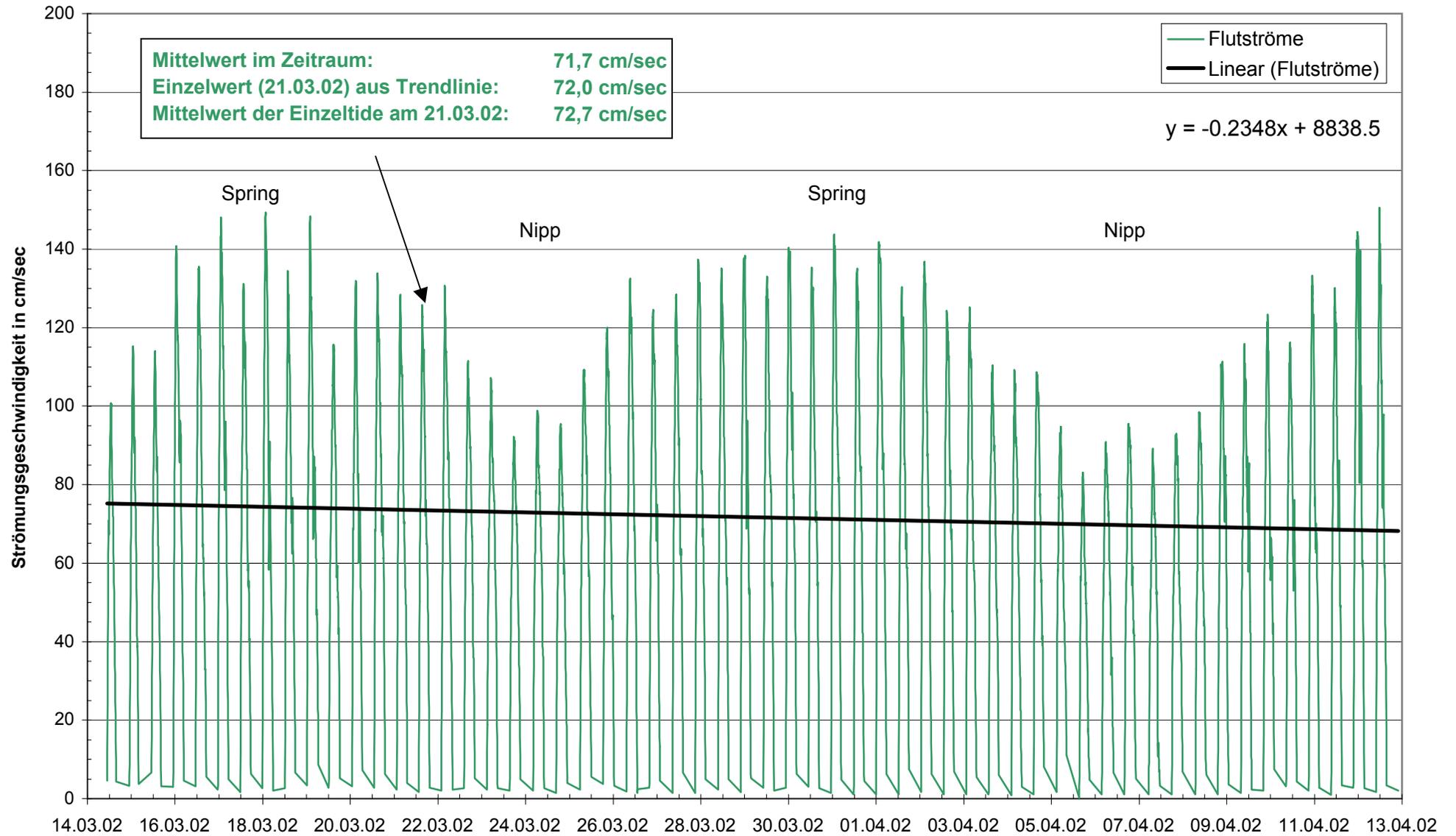
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



# Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich Strömungen am 19.08.1998

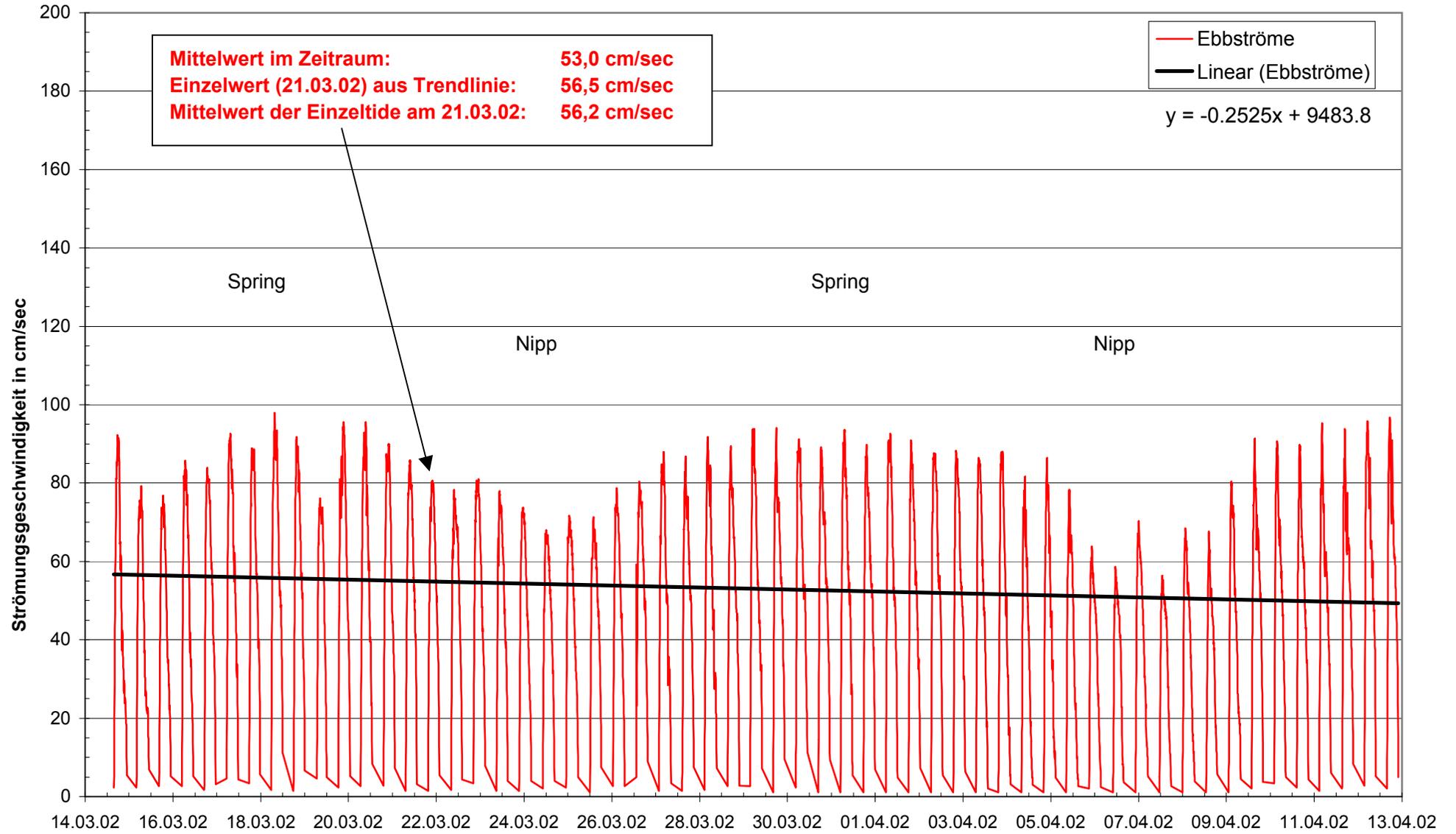


## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich

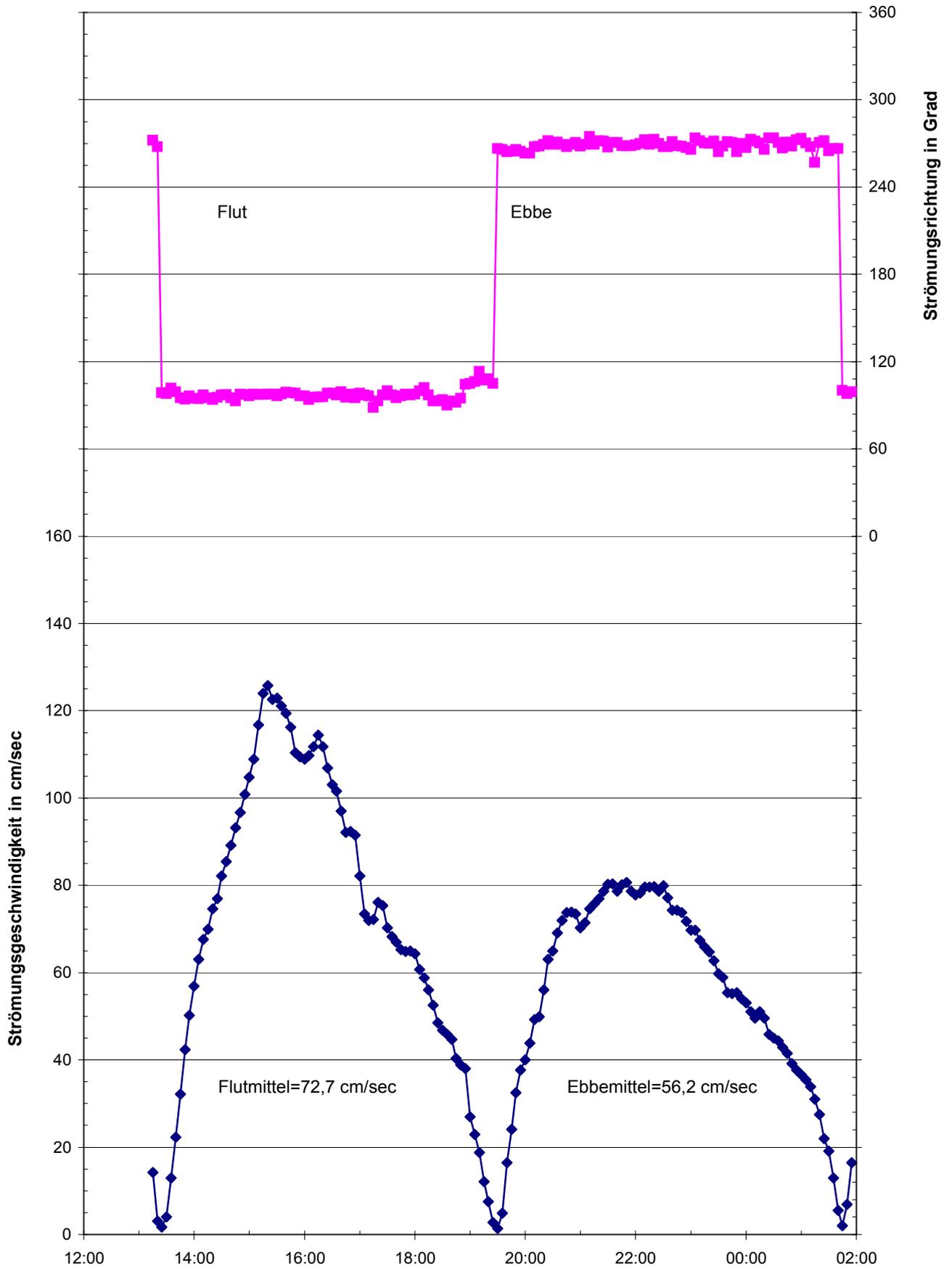


## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf

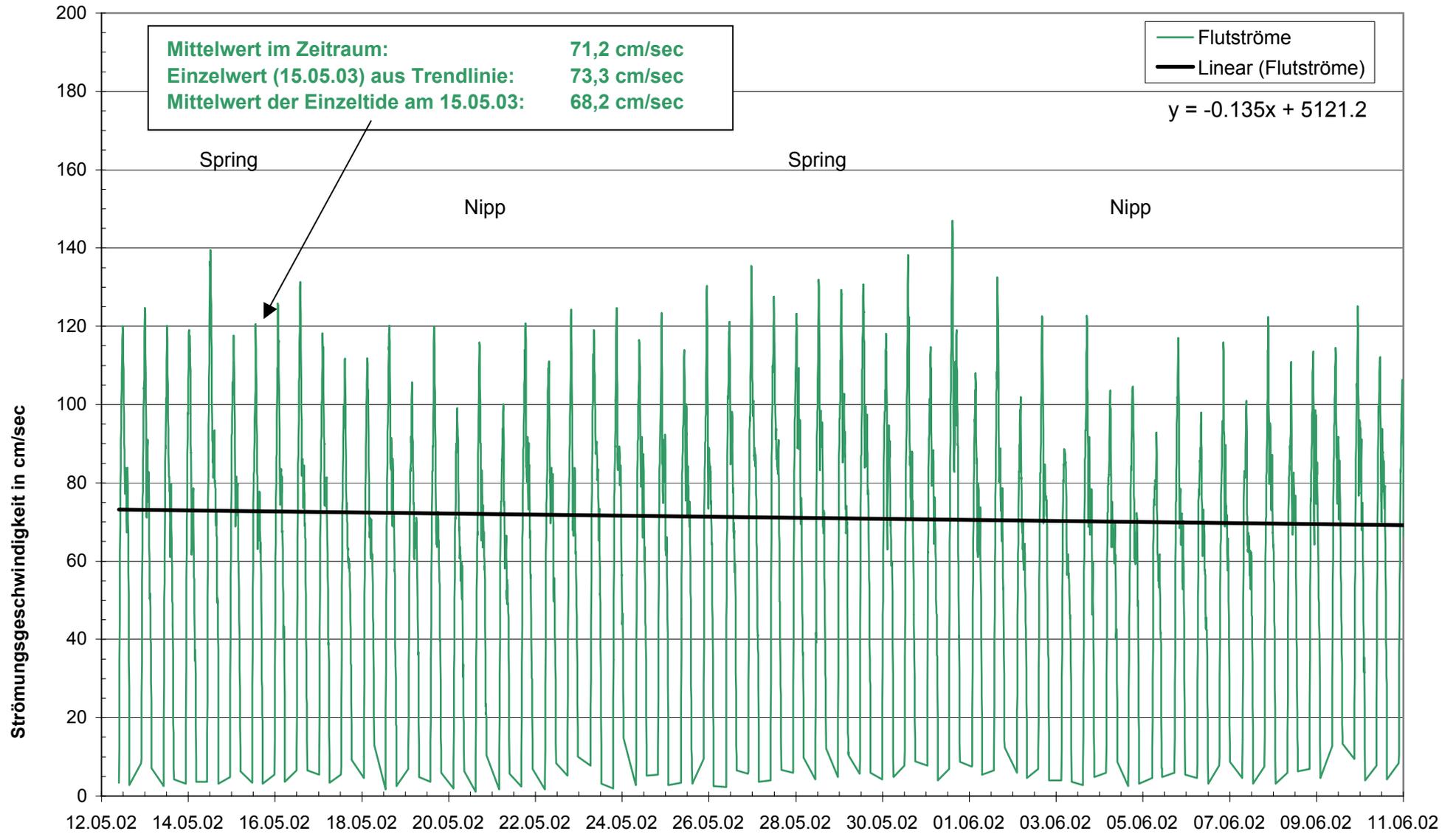
### Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



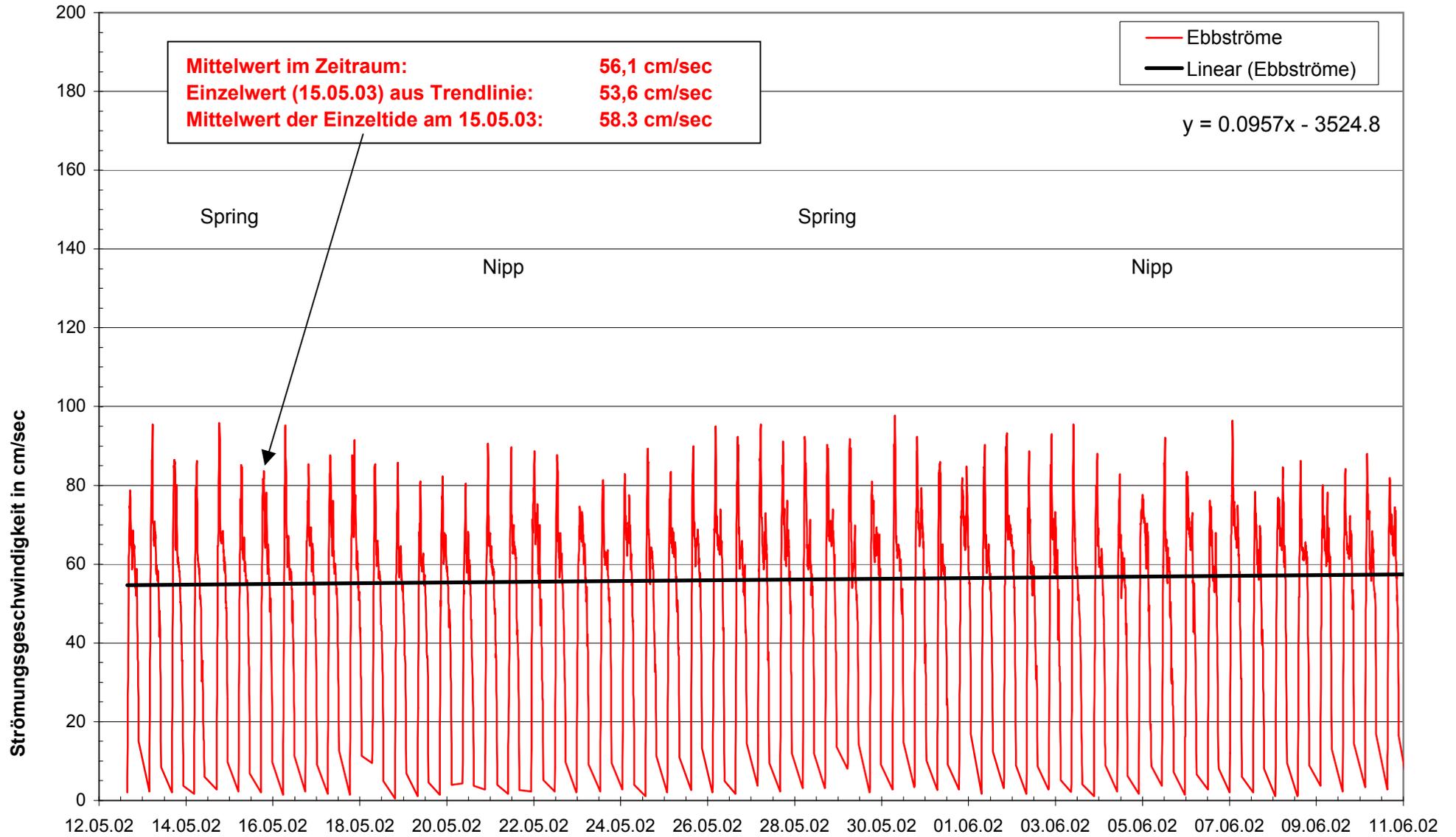
Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich  
 Strömungen am 21./22.03.02 Boden nah



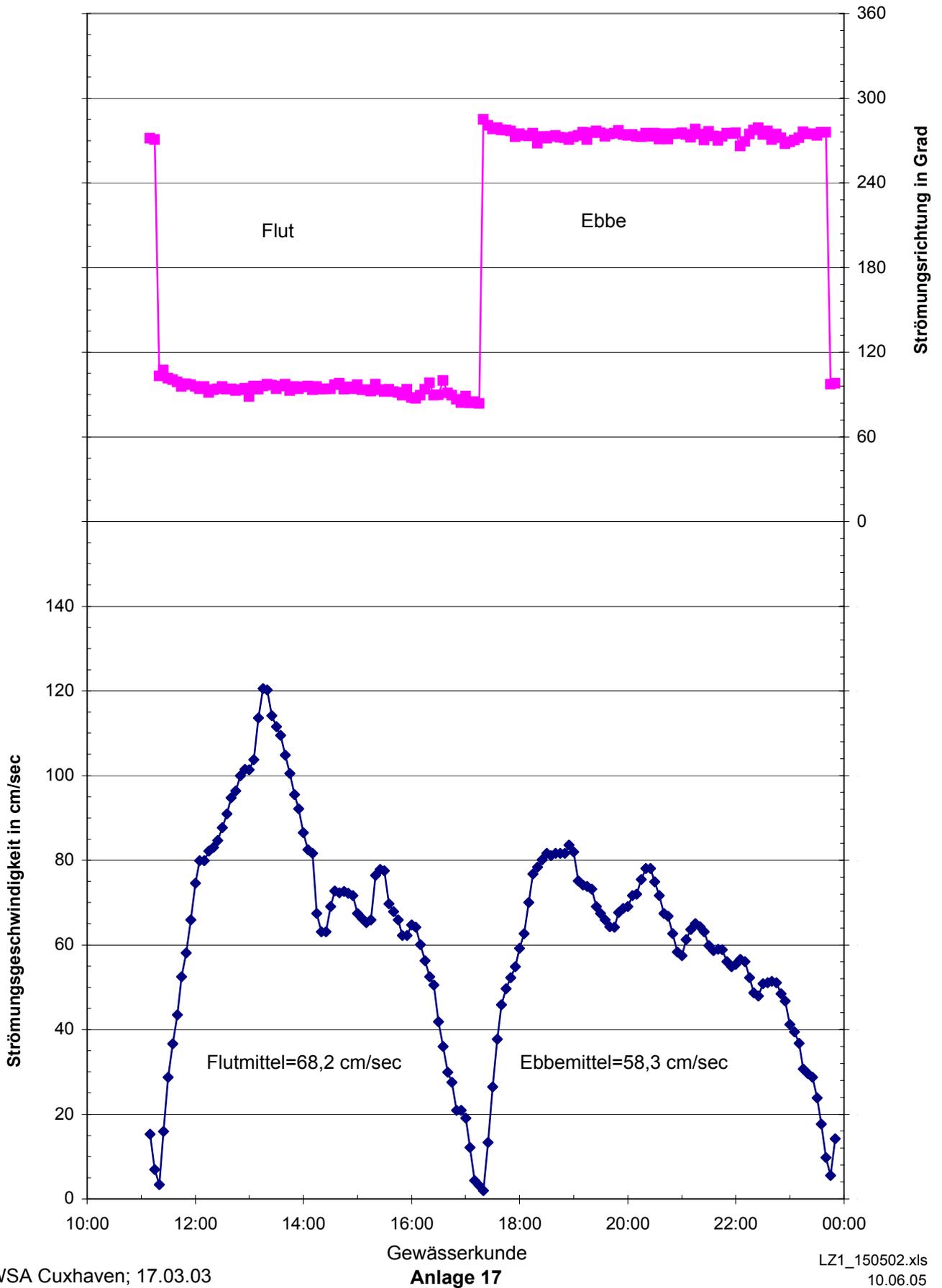
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



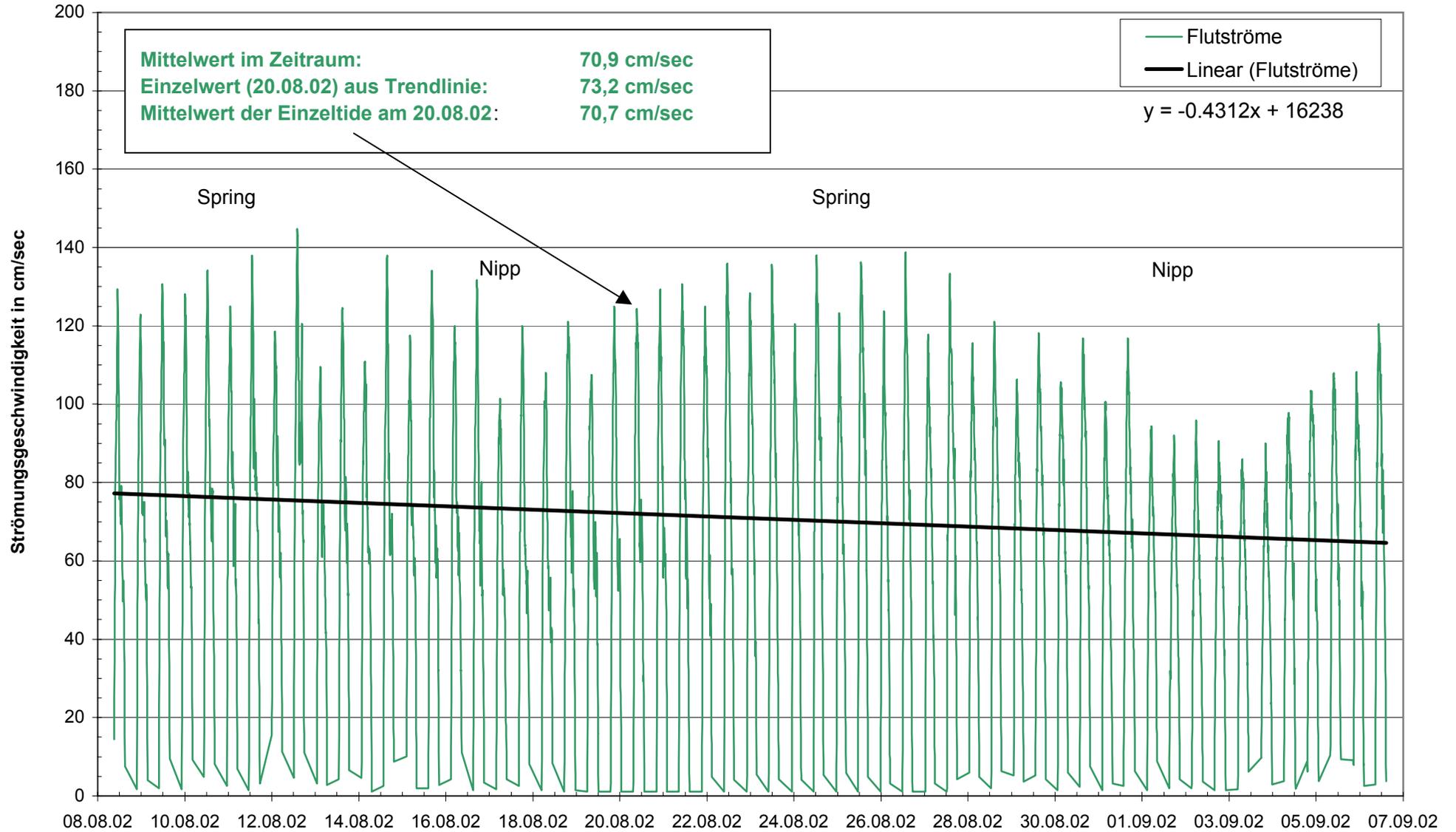
## Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



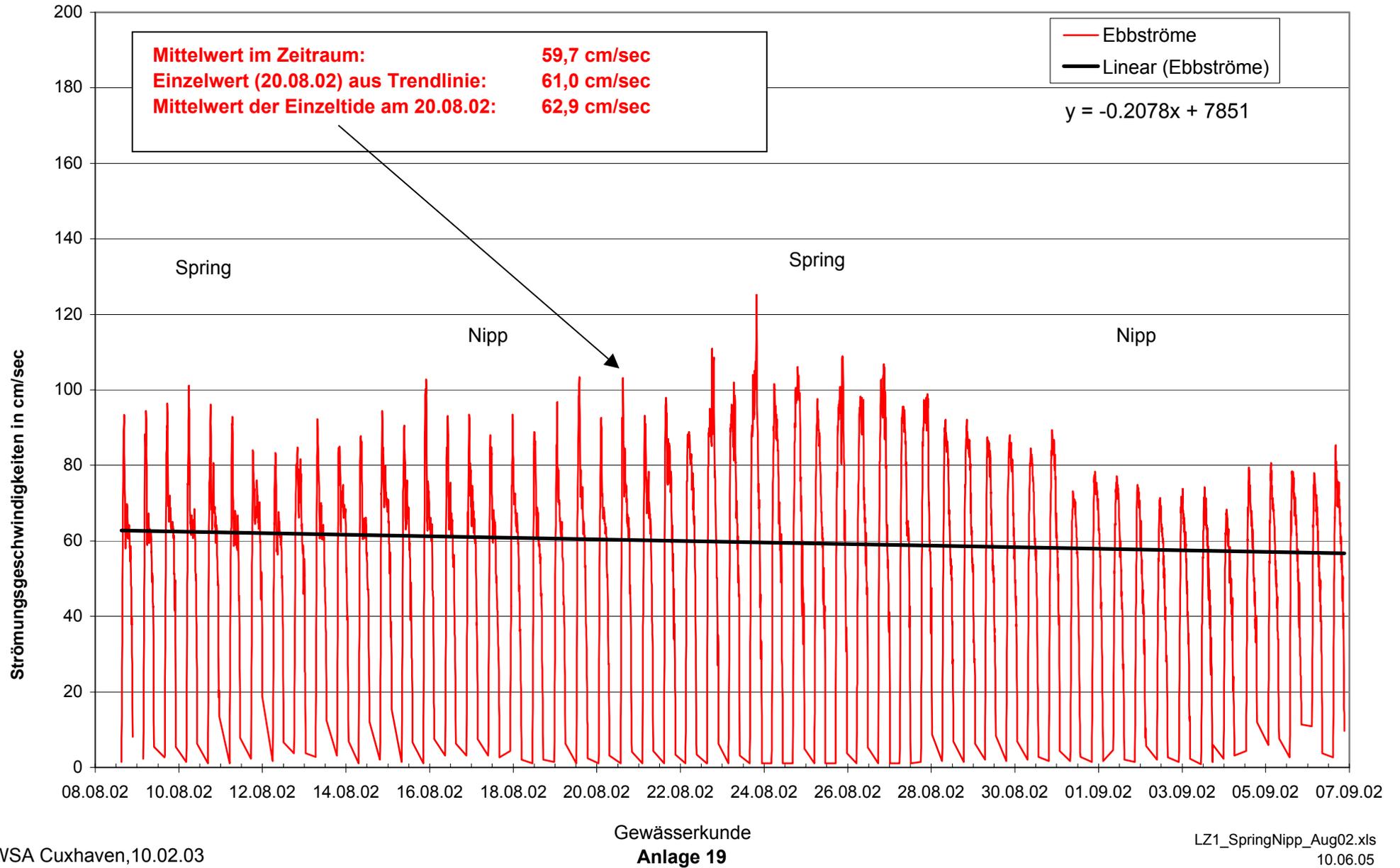
Langzeitmesstation LZ1 Krummendeich  
Strömungen am 15.05.02 Boden nah



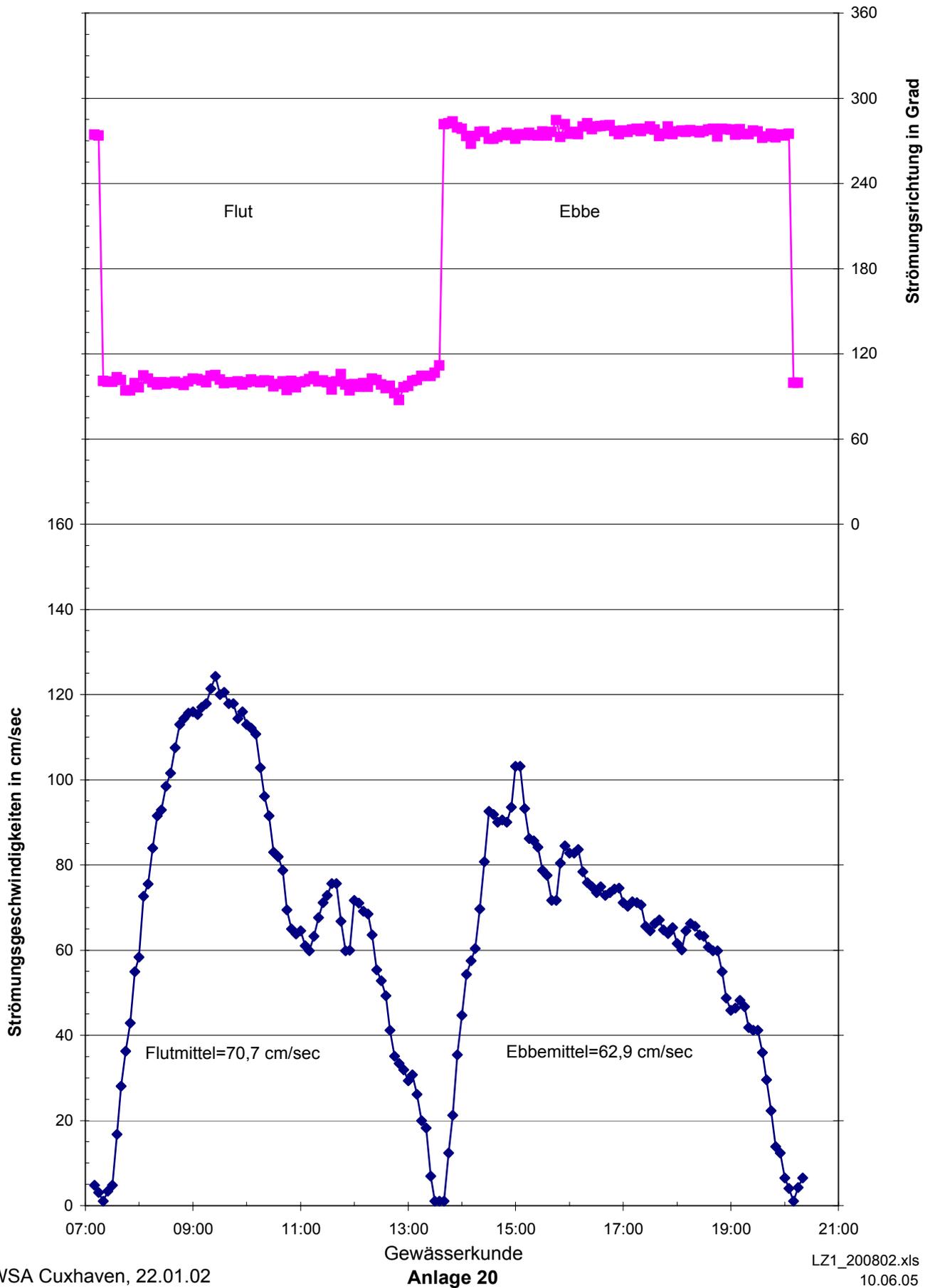
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



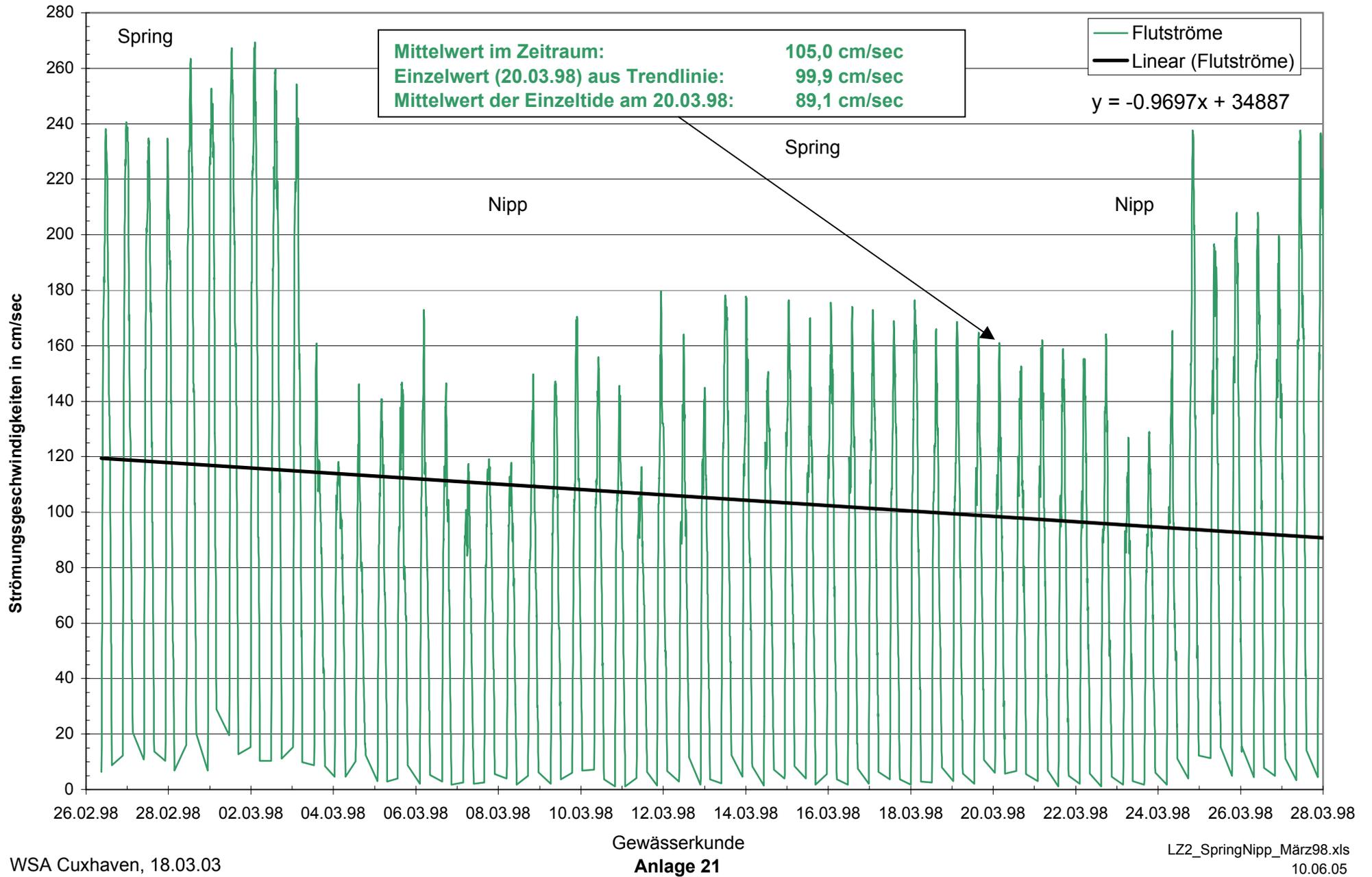
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich



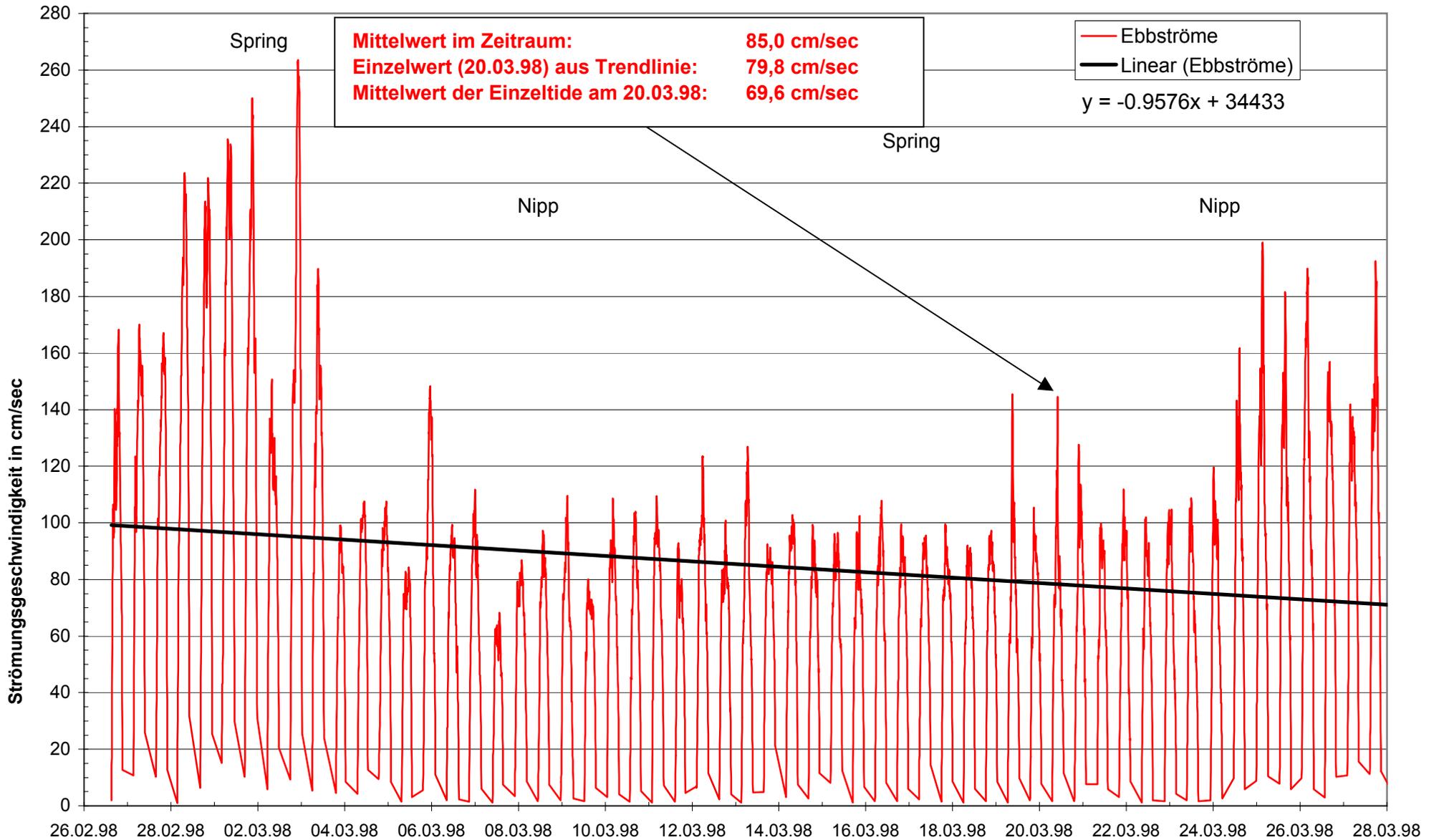
Langzeitmessstation LZ1 Krummendeich  
Strömungen am 20.08.02 Boden nah



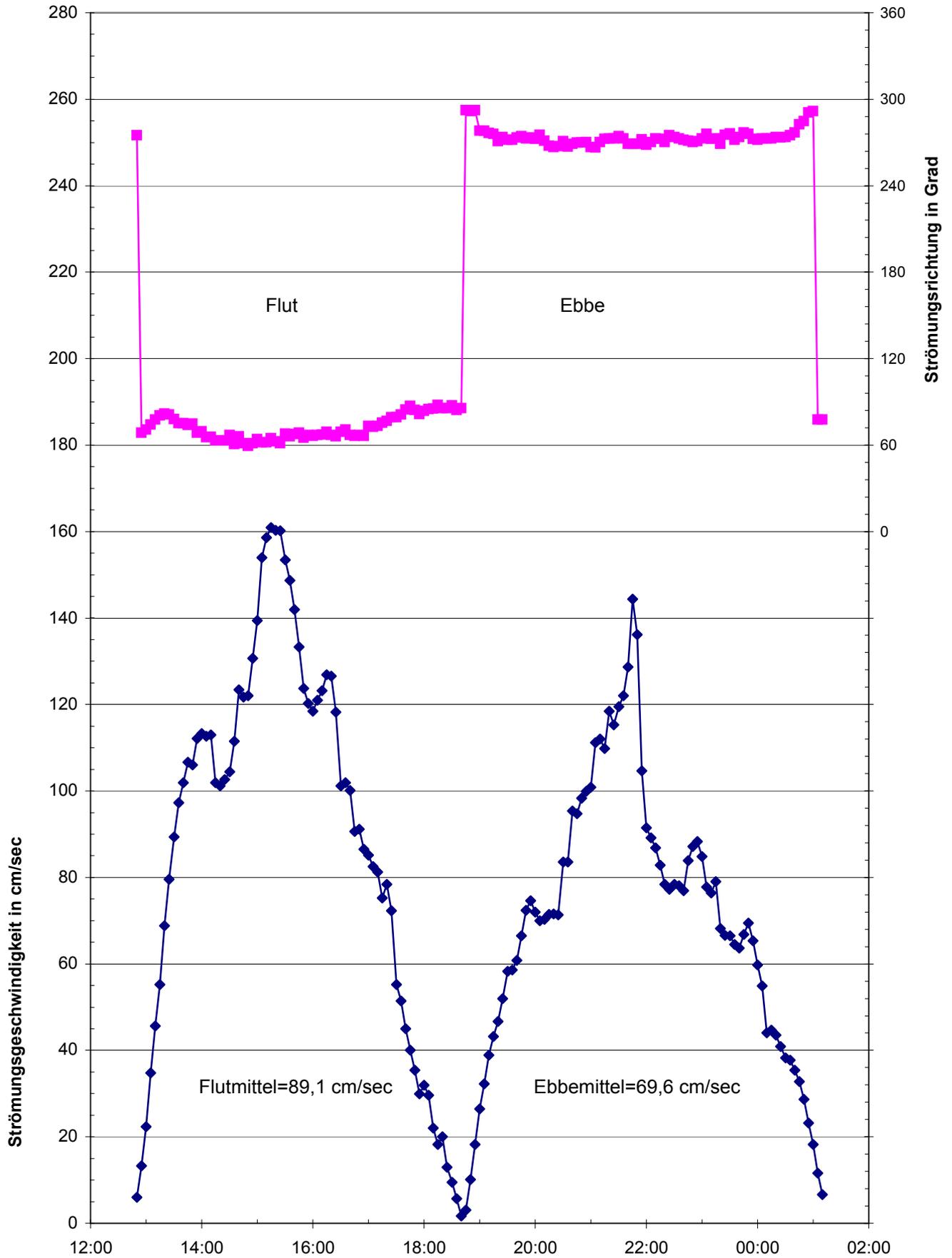
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



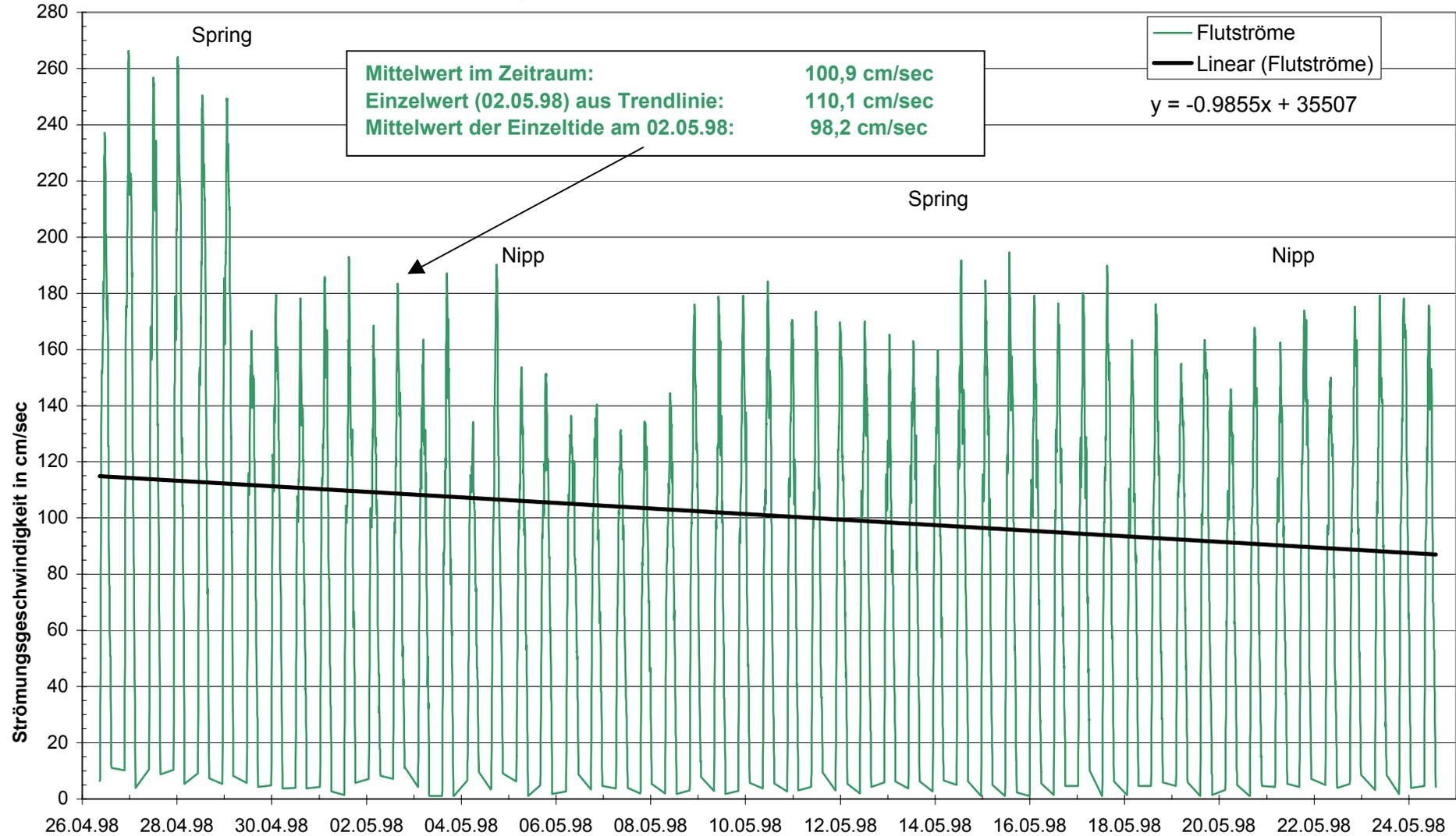
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



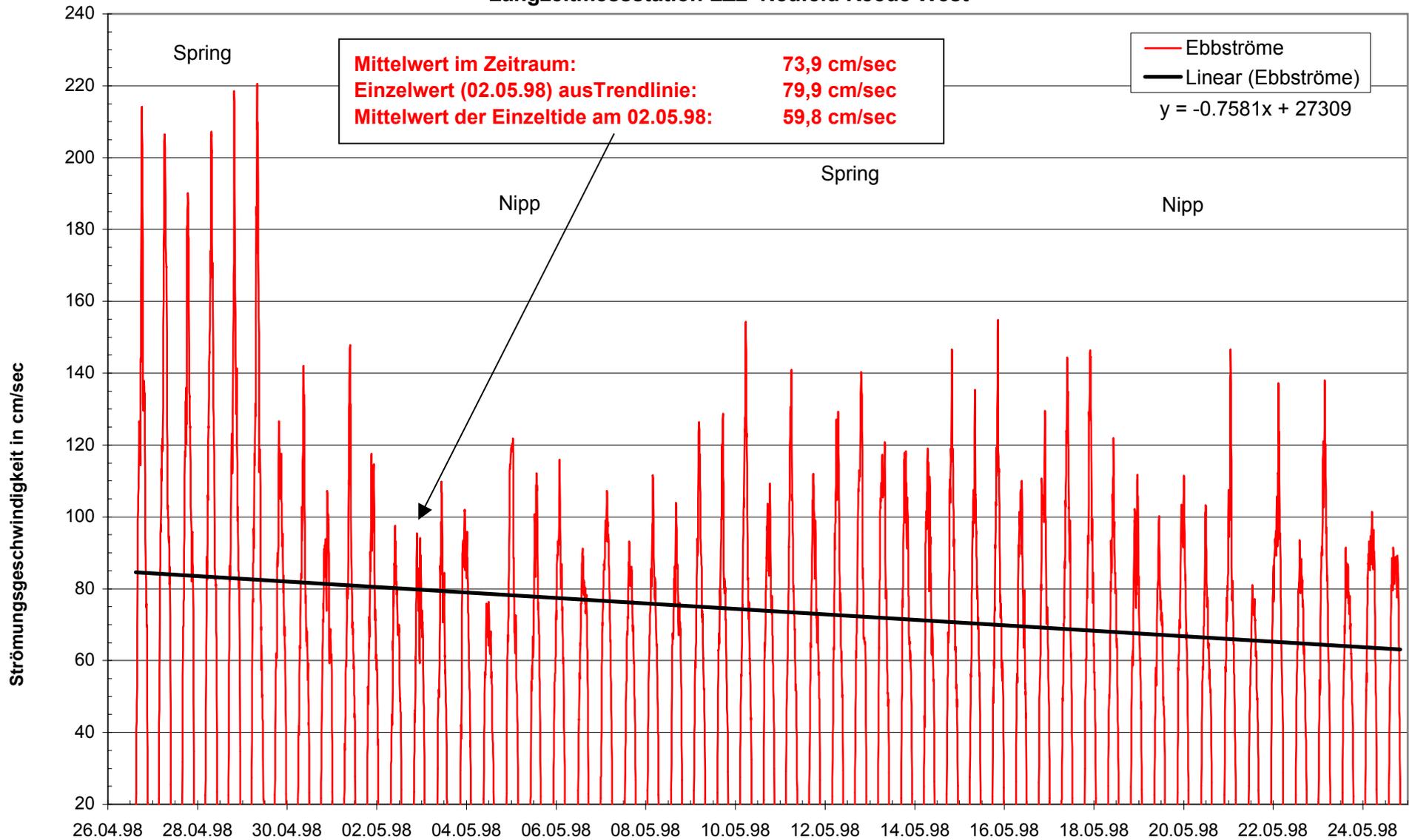
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West  
Strömungen am 19.03.98 Boden nah**



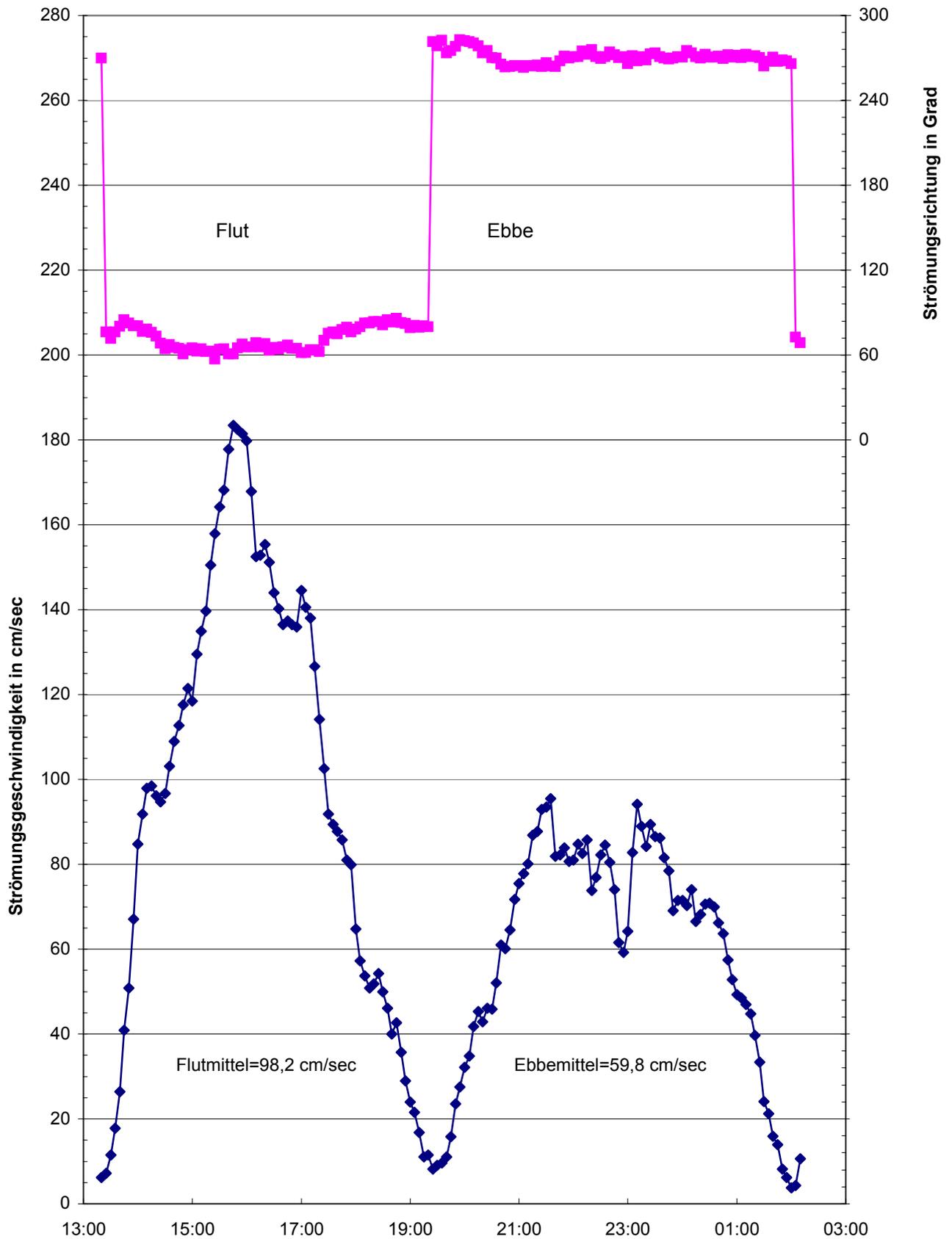
**Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**



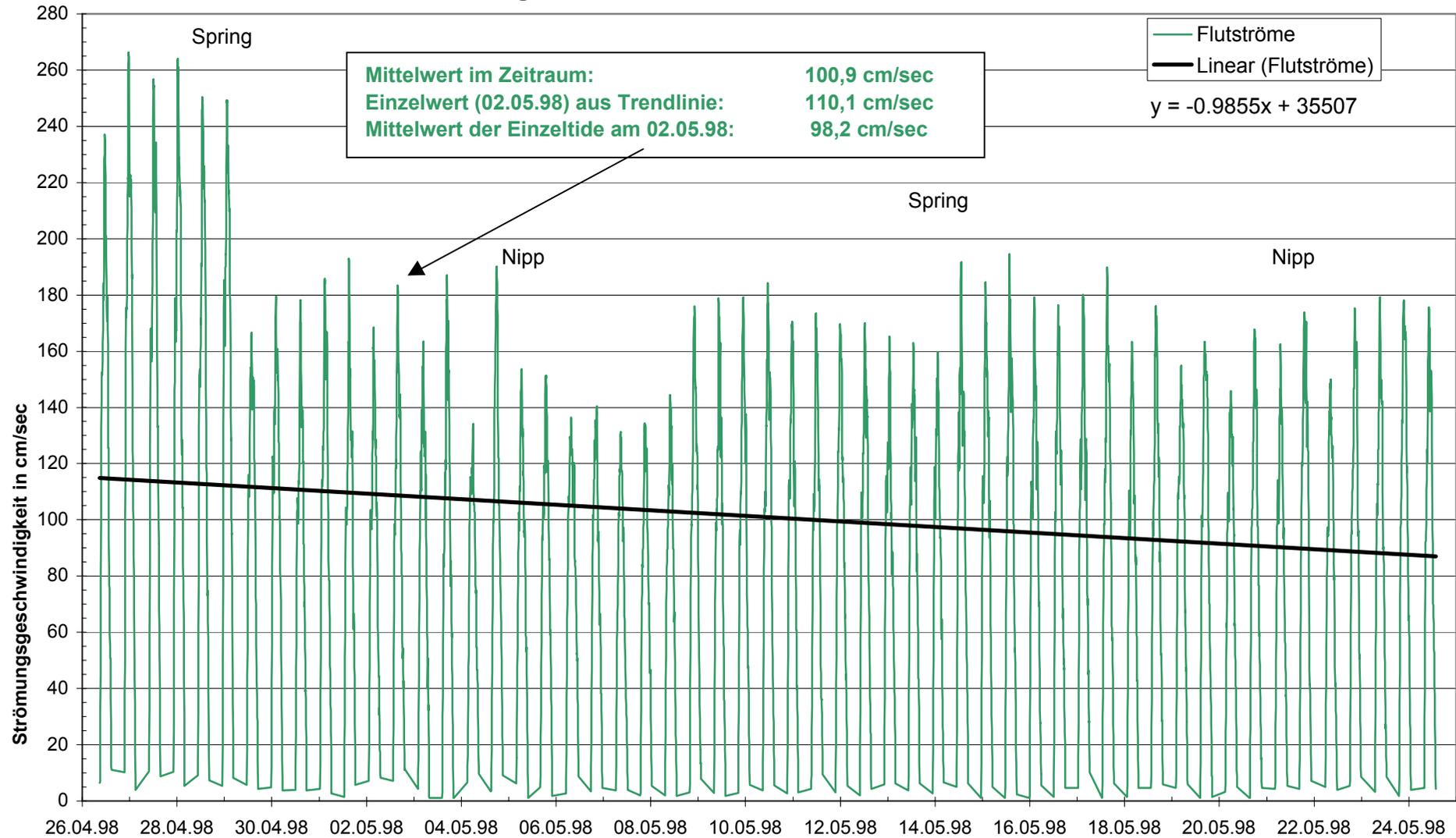
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondphase**  
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**



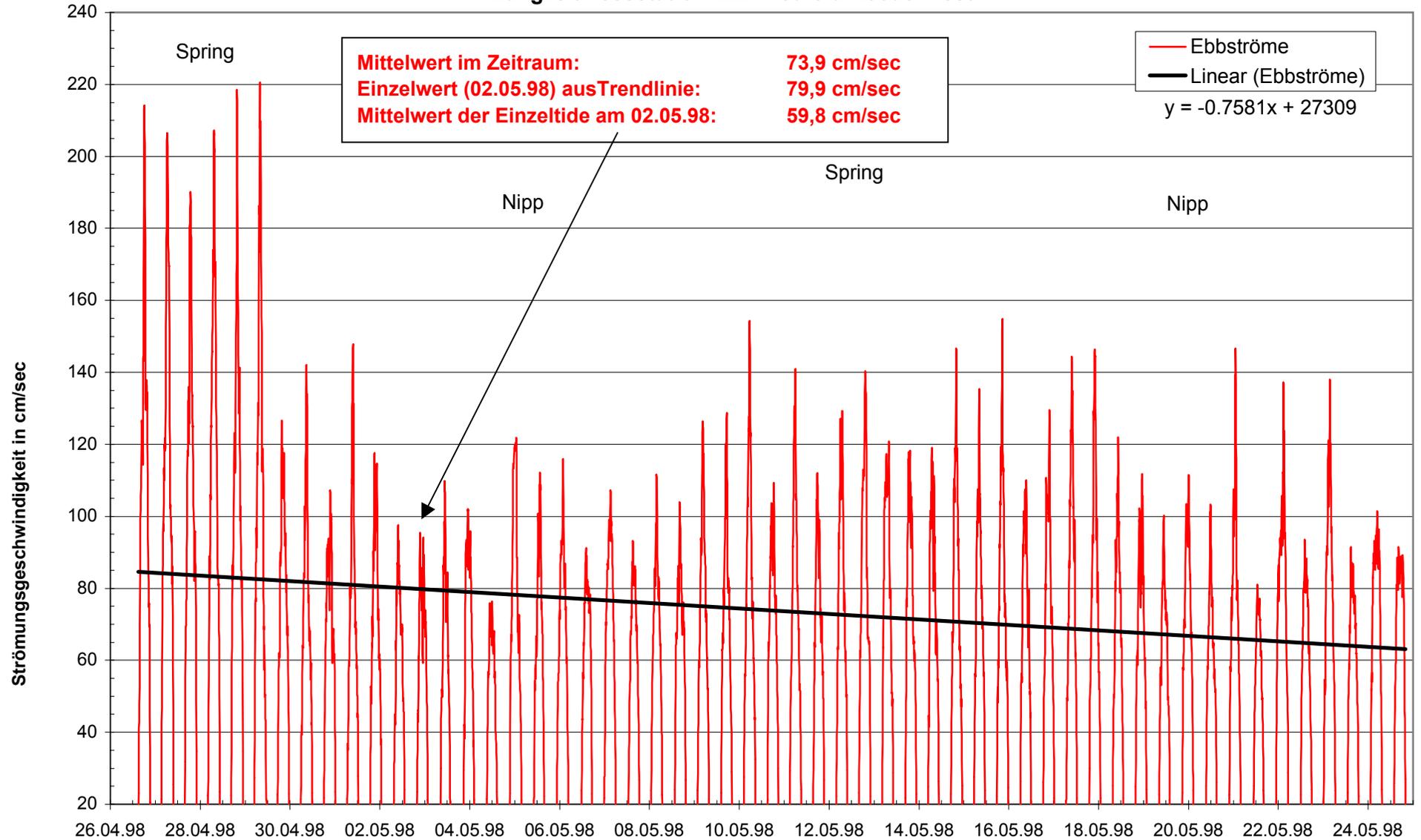
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West  
Strömungen am 02.05.1998 Boden nah**



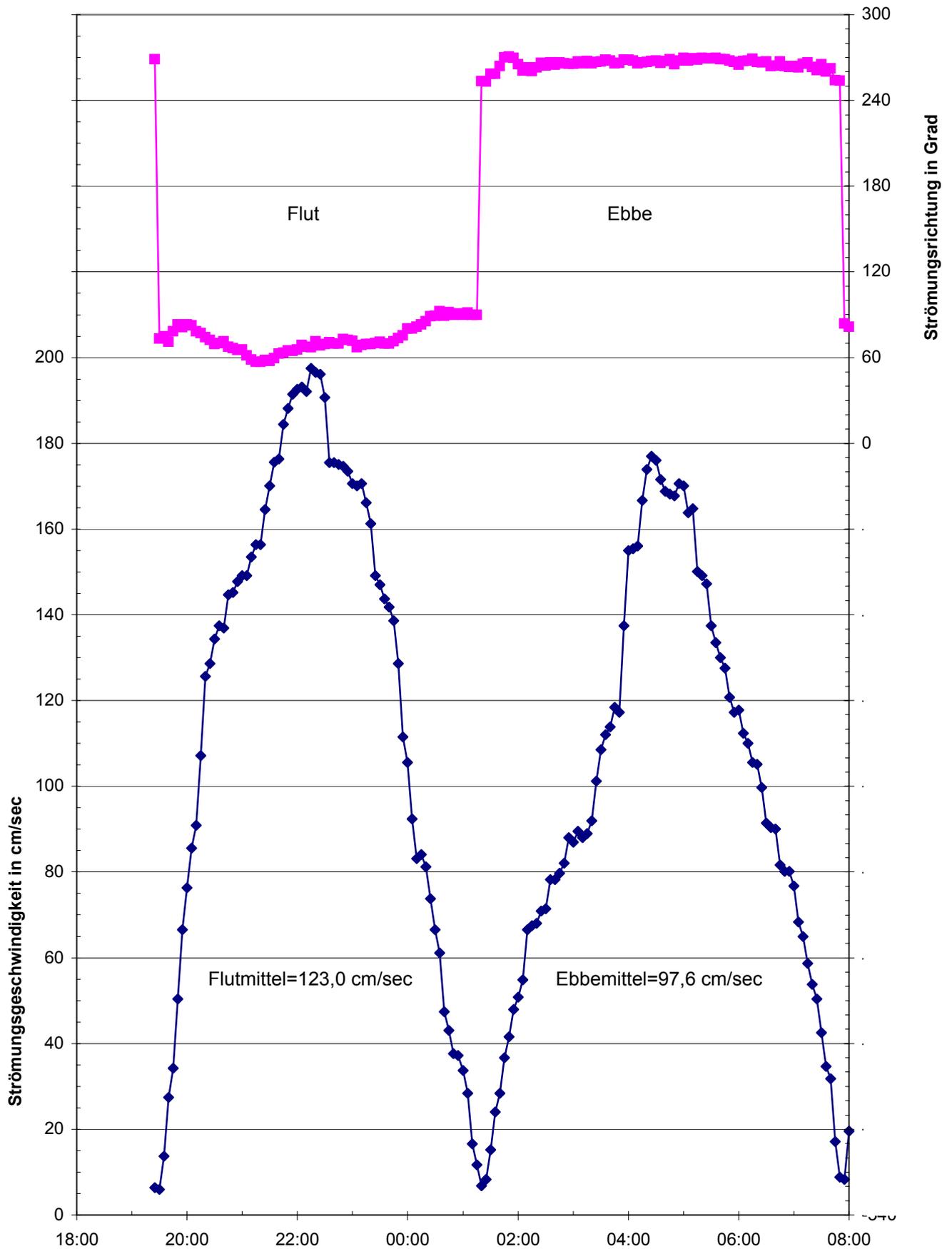
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



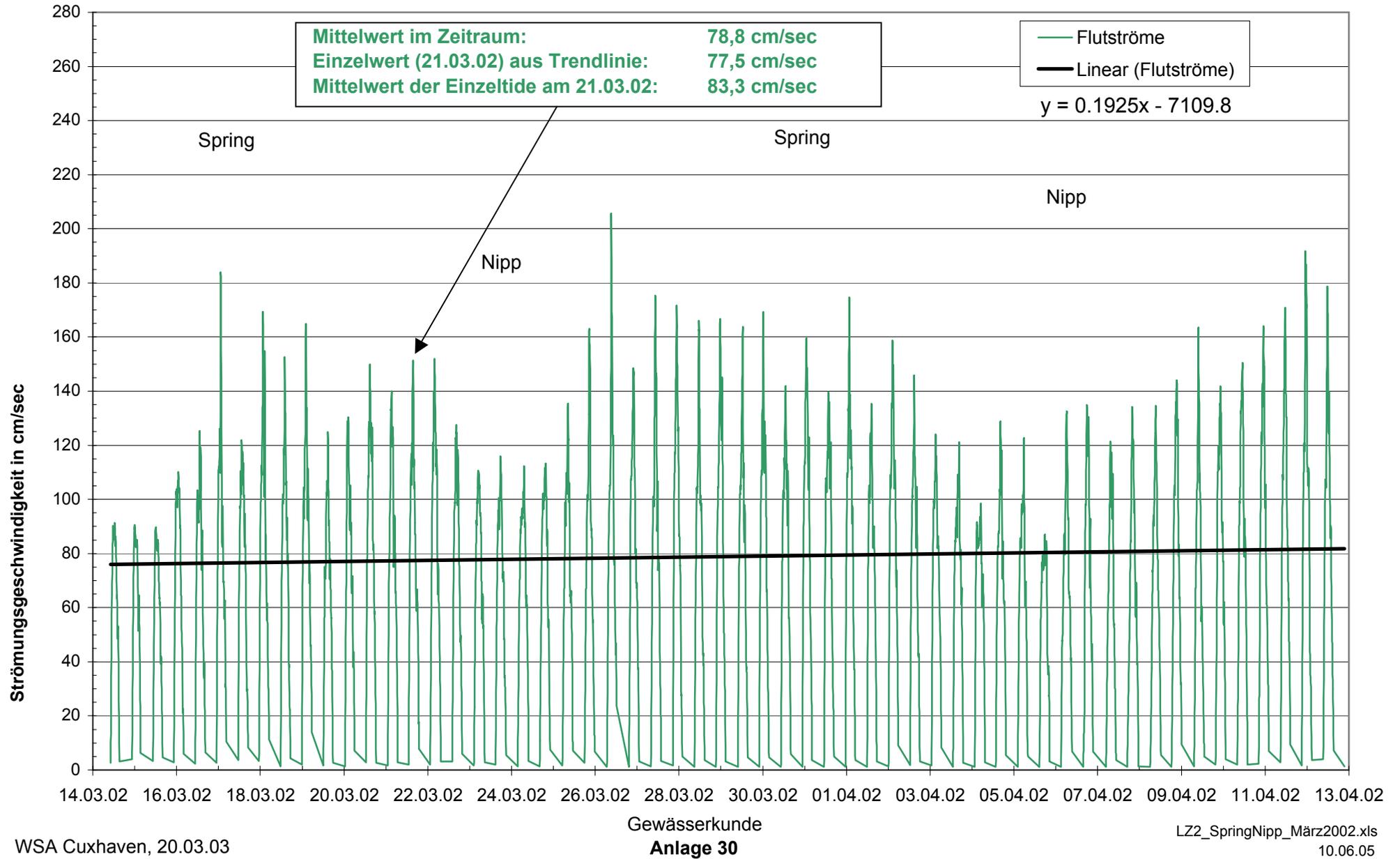
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondphase**  
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**



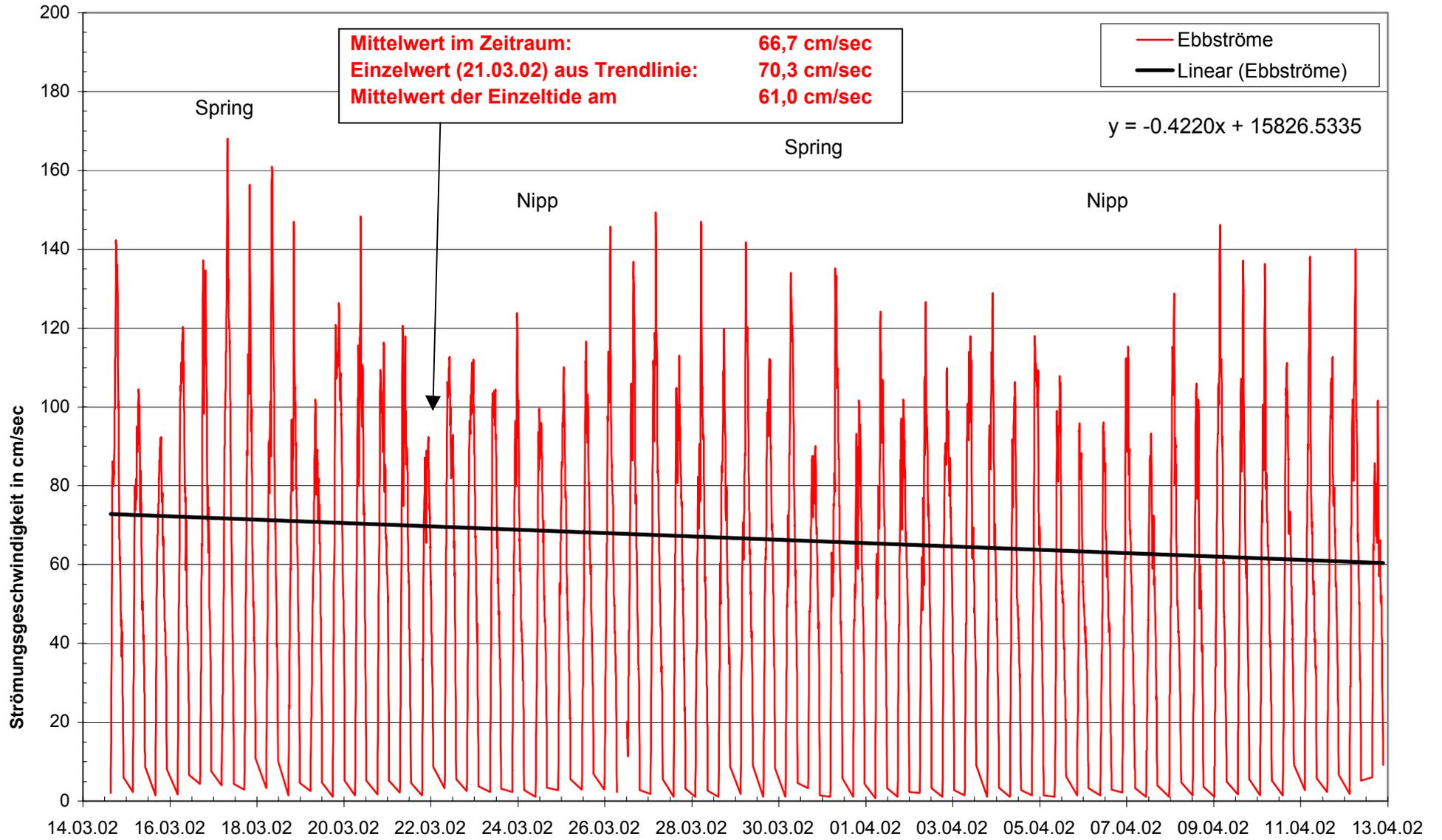
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West  
Strömungen am 19.08.98 Boden nah**



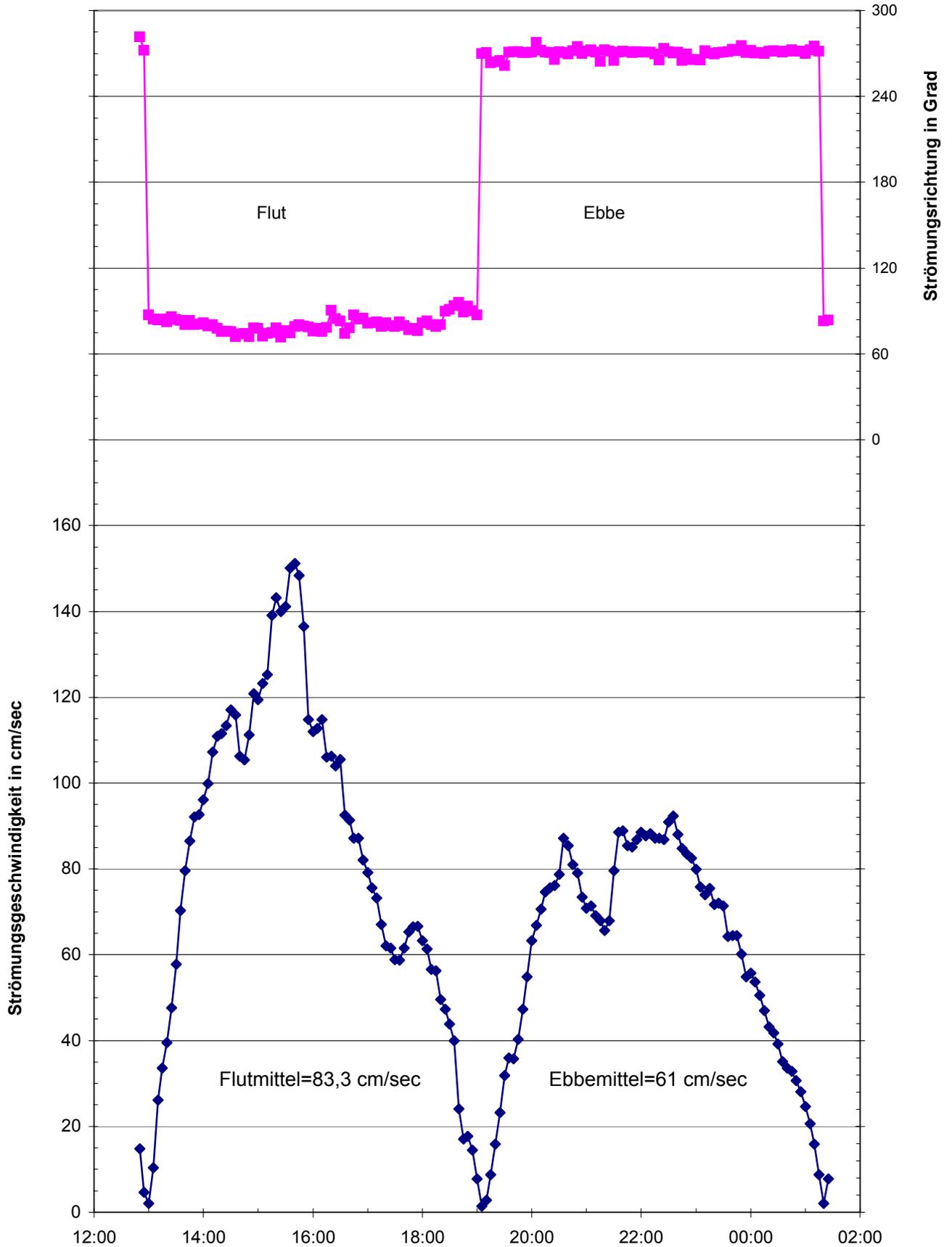
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus Langzeitmesstation LZ2 Neufeld Reede West



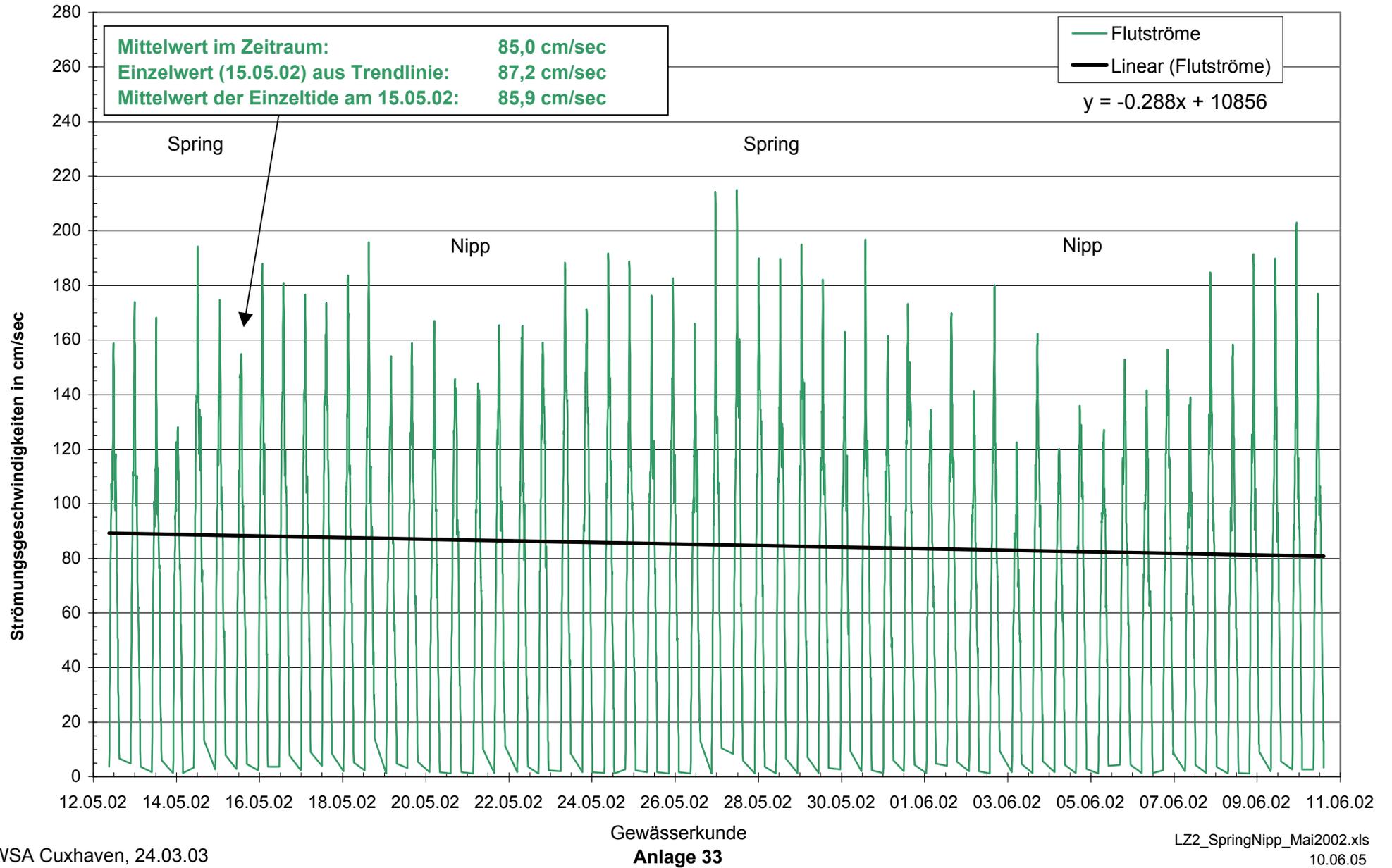
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



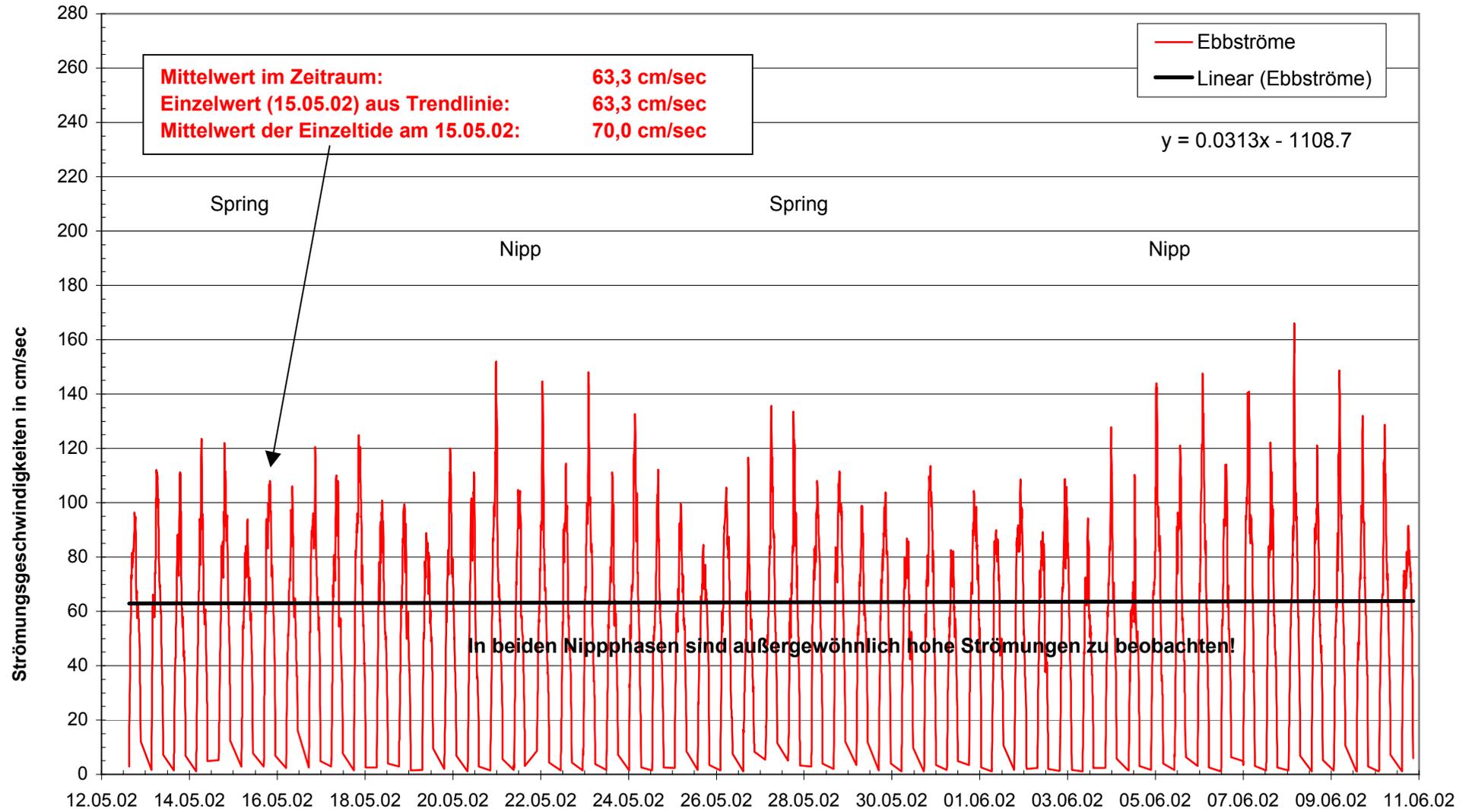
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**  
**Strömung der mittleren Tide am 21.03.2002 Boden nah**



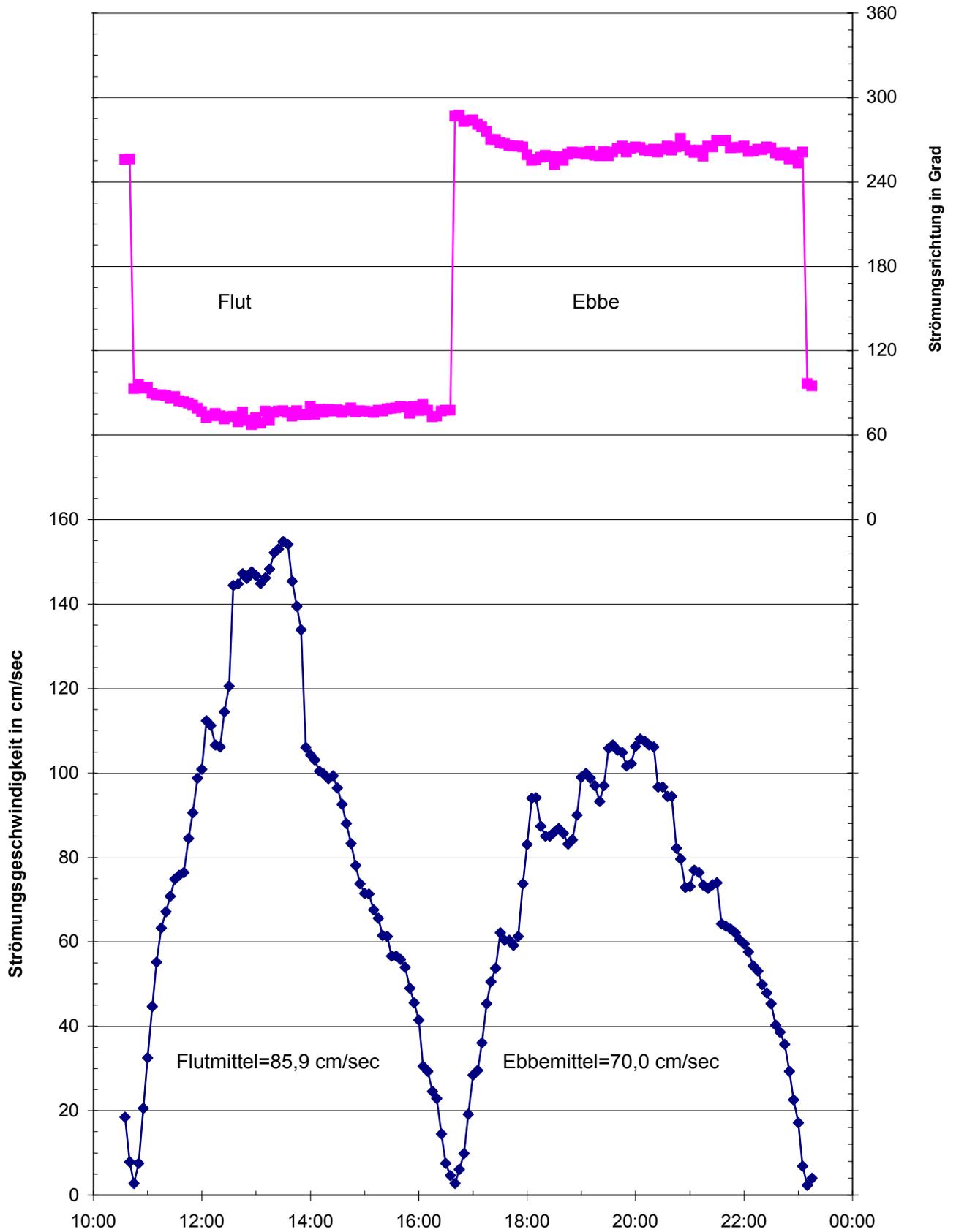
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



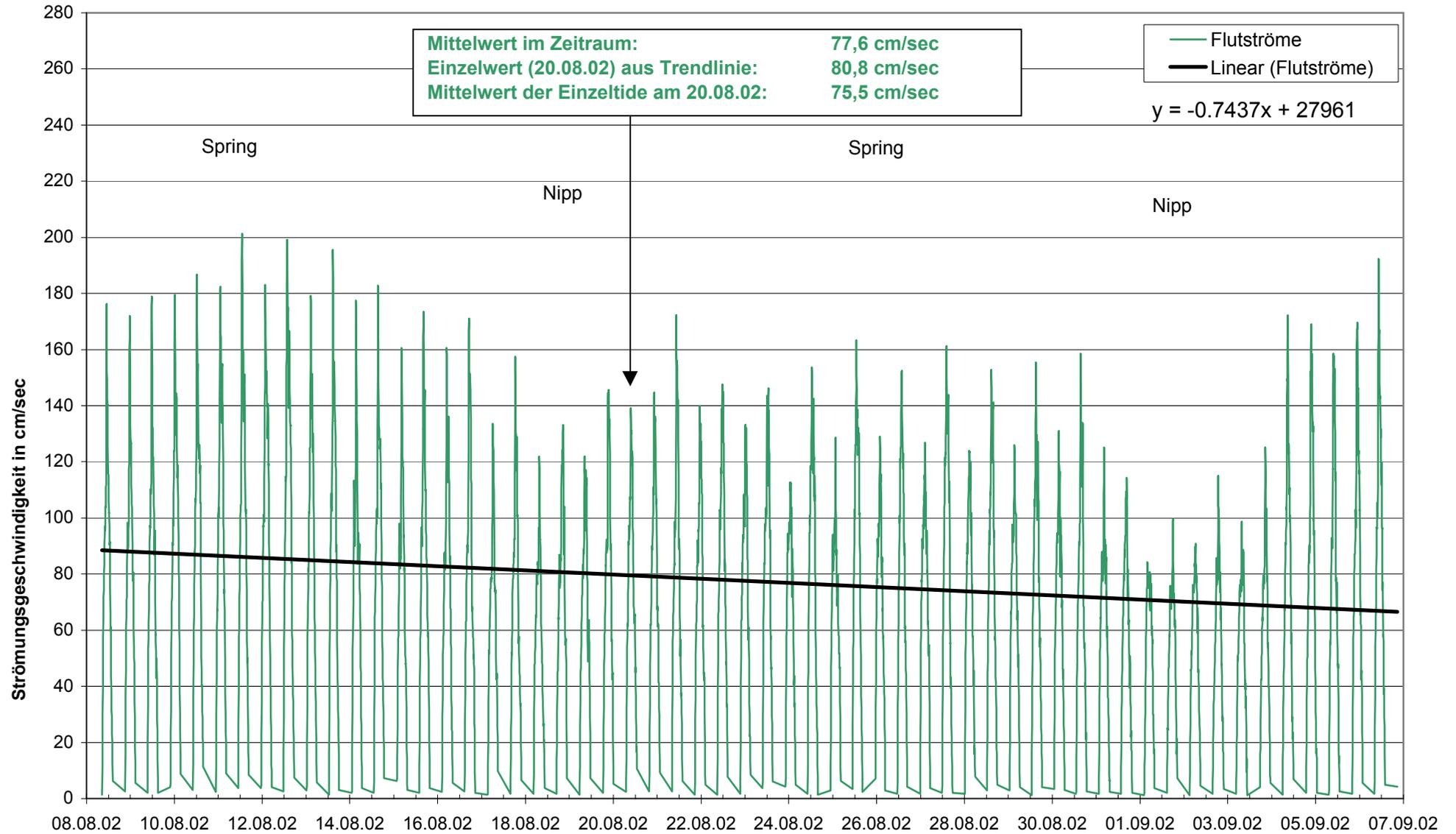
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**



**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West  
Strömungen am 15.05.02 Boden nah**

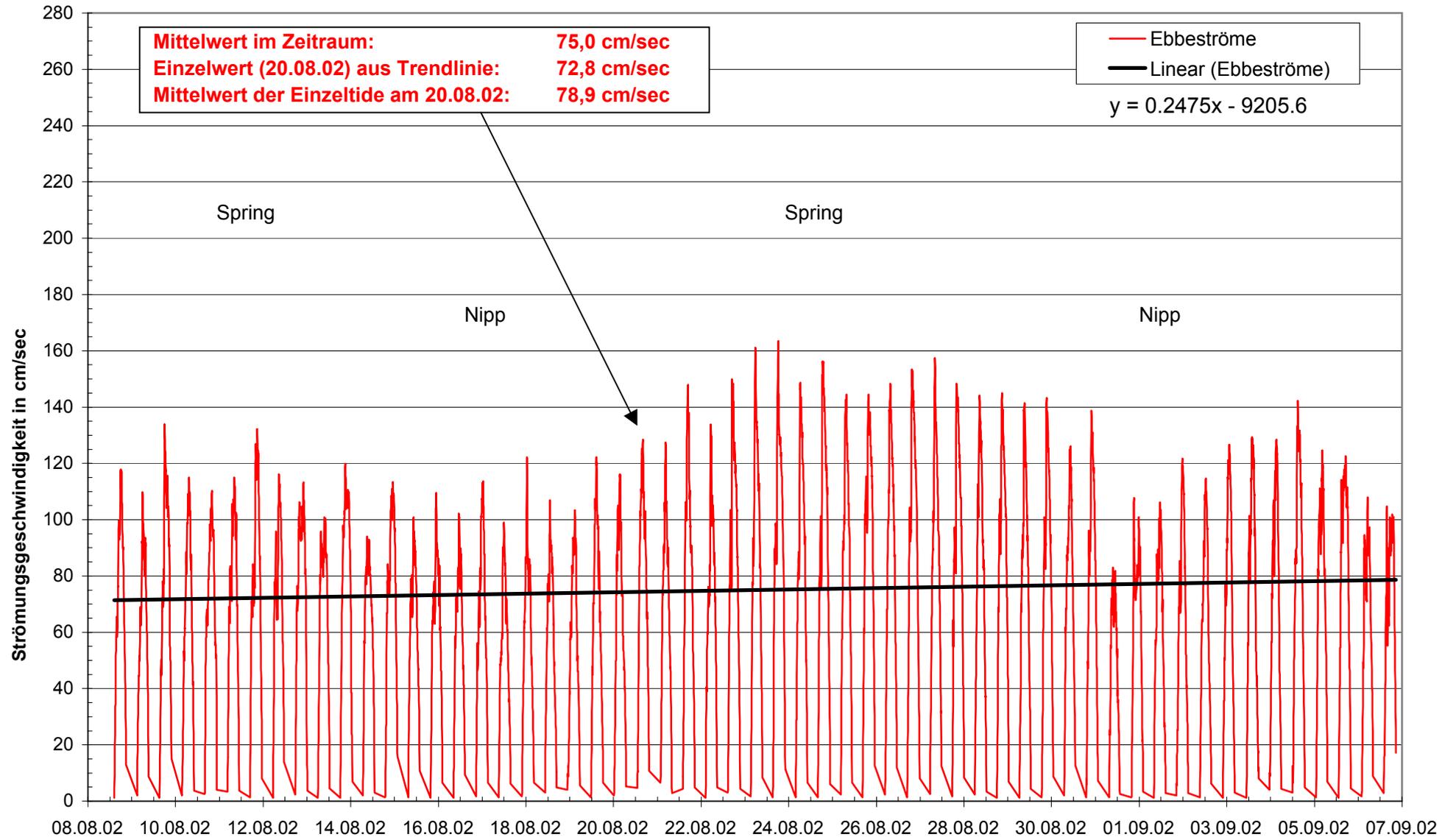


## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West

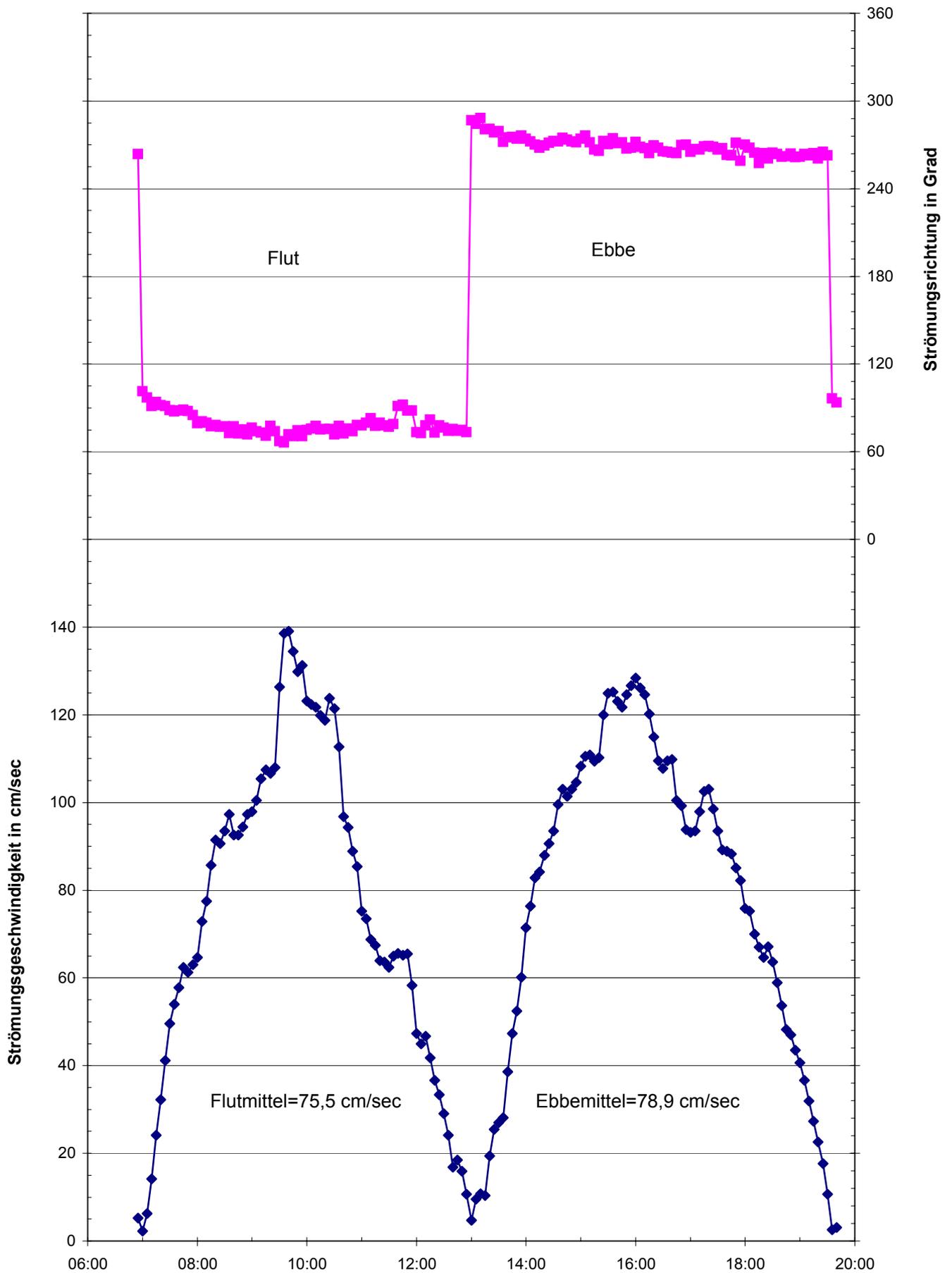


## Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf

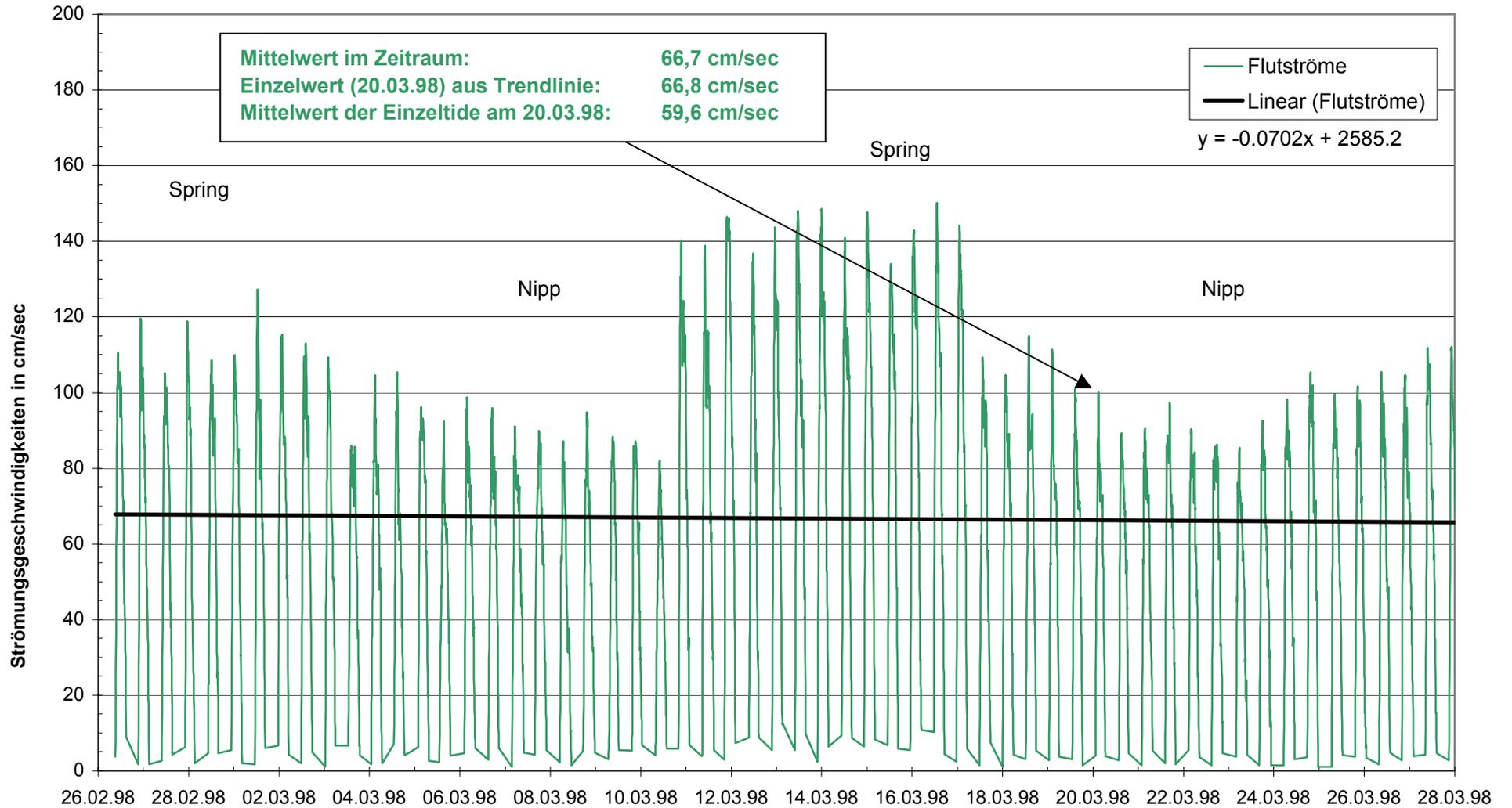
### Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West



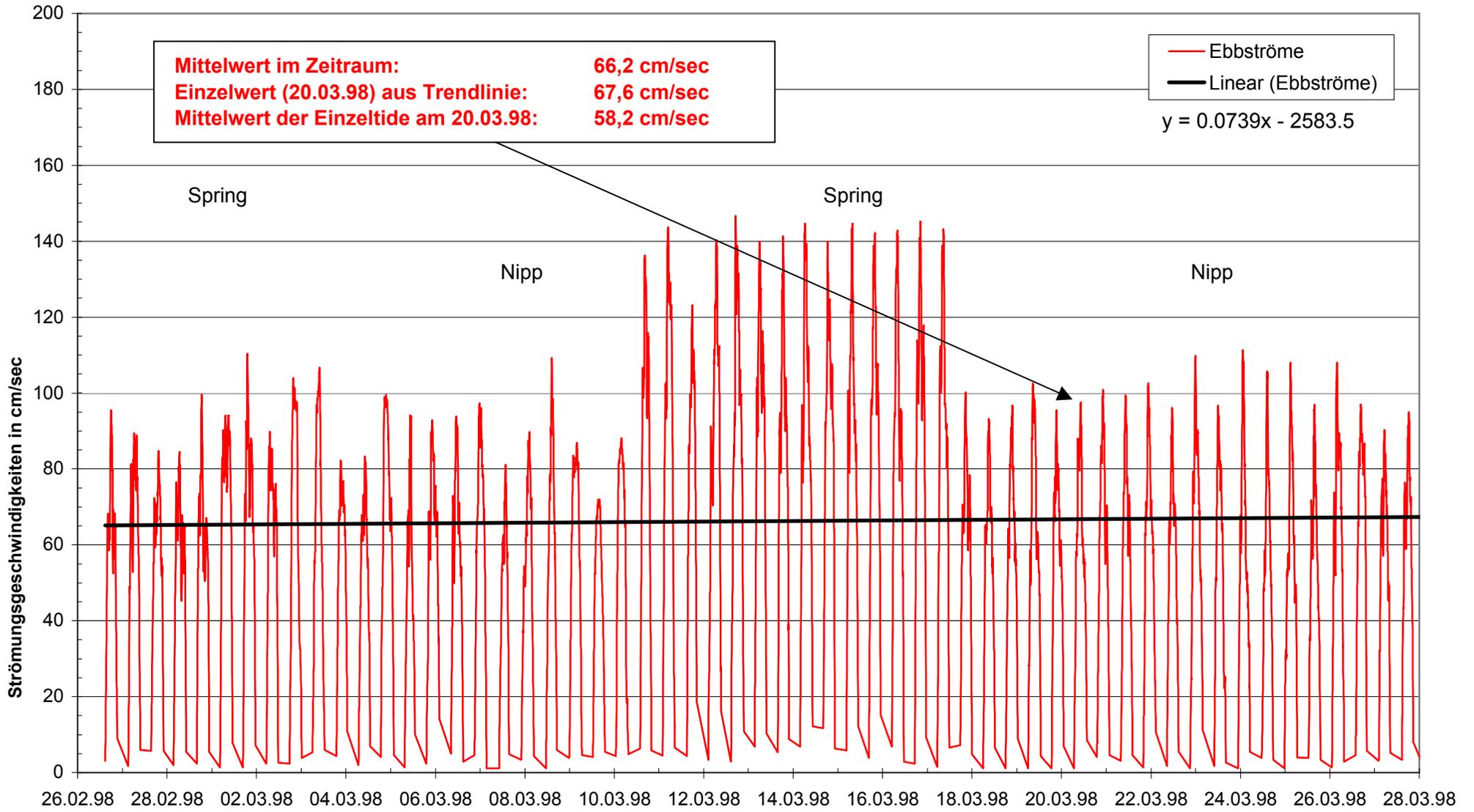
**Langzeitmessstation LZ2 Neufeld Reede West**  
**Strömungen der mittleren Tide am 20.08.02 Boden nah**



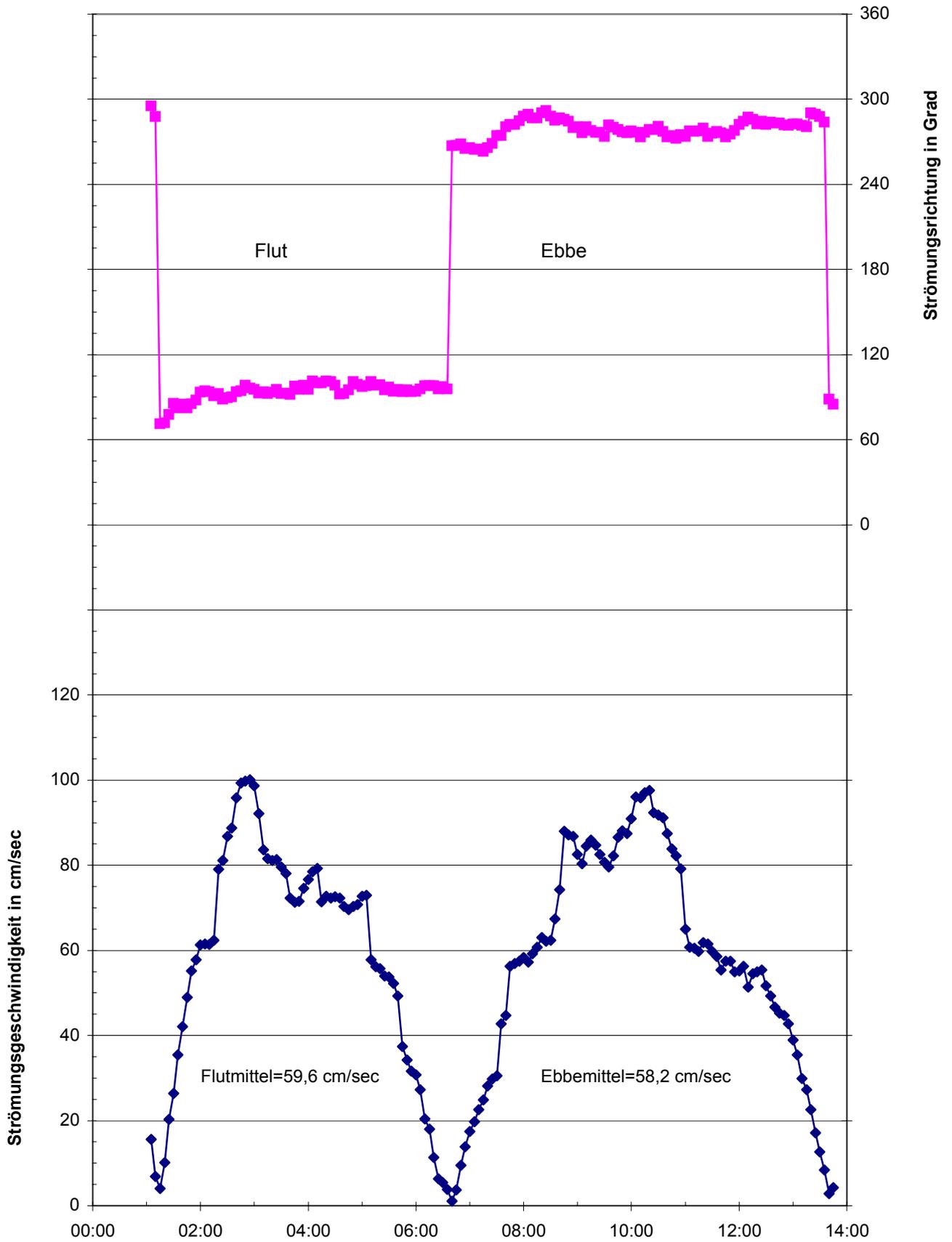
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



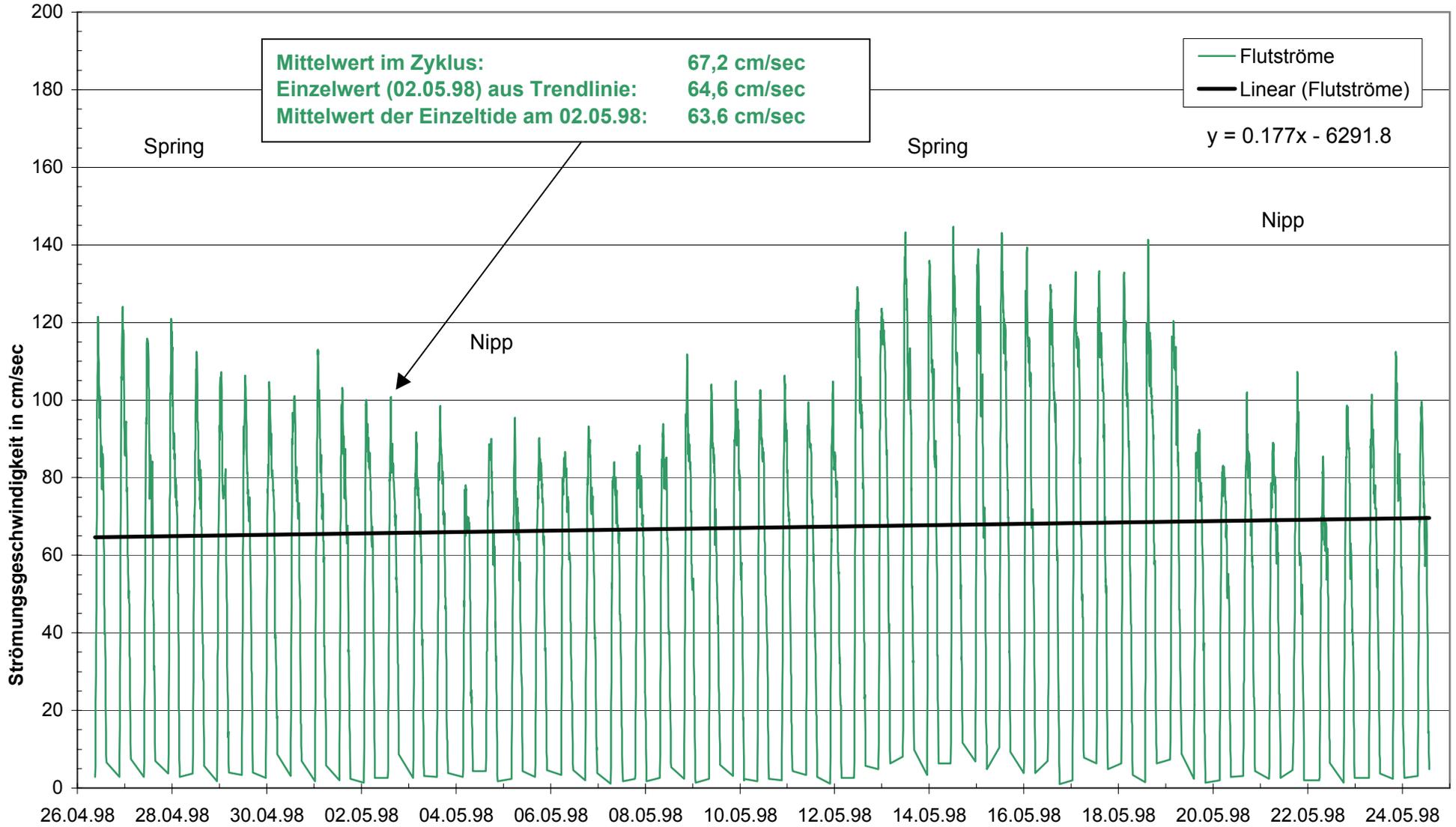
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmesstation LZ3 Altenbrucher Bogen



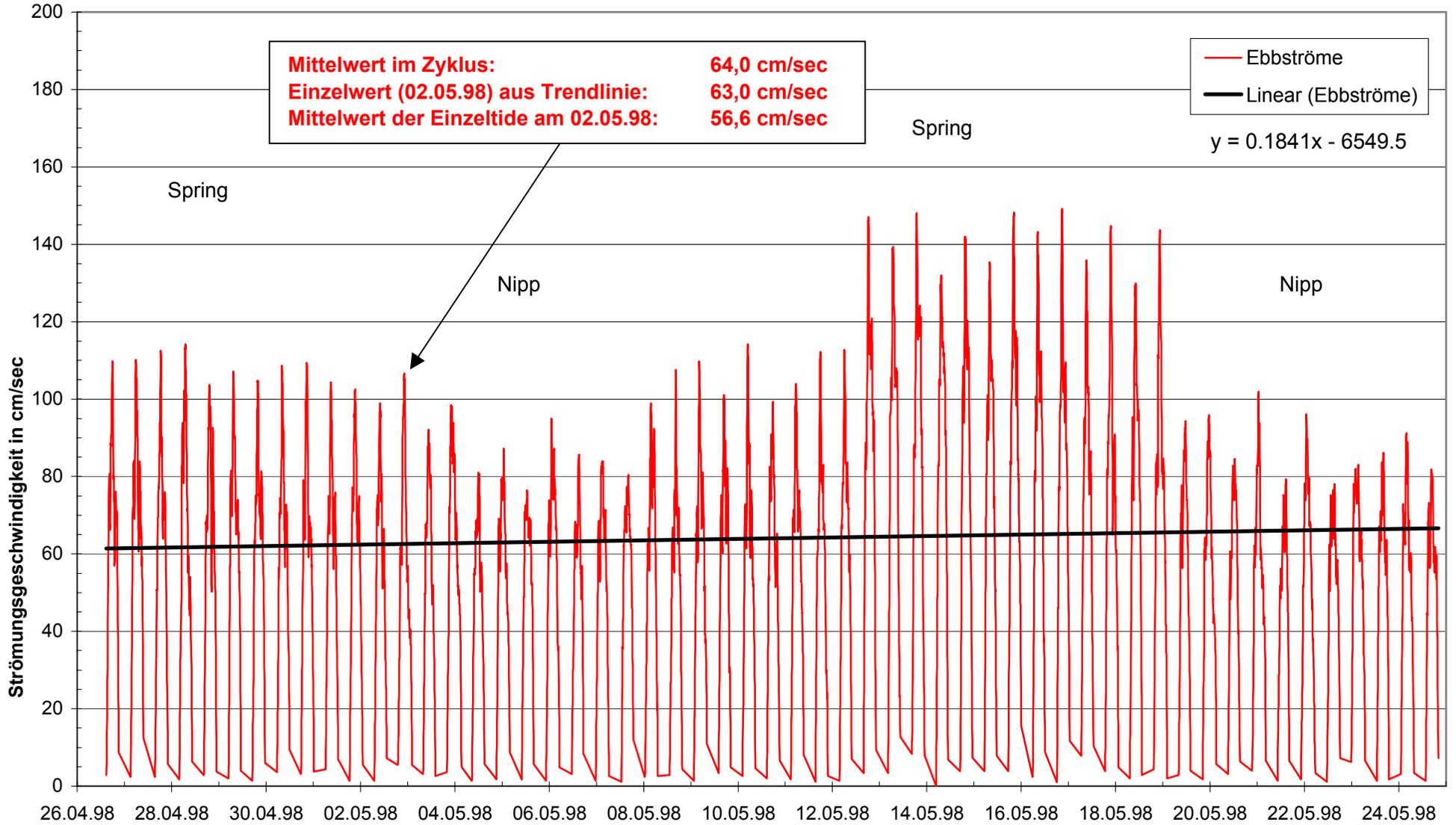
Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
 Strömungen am 20.03.1998 Boden nah



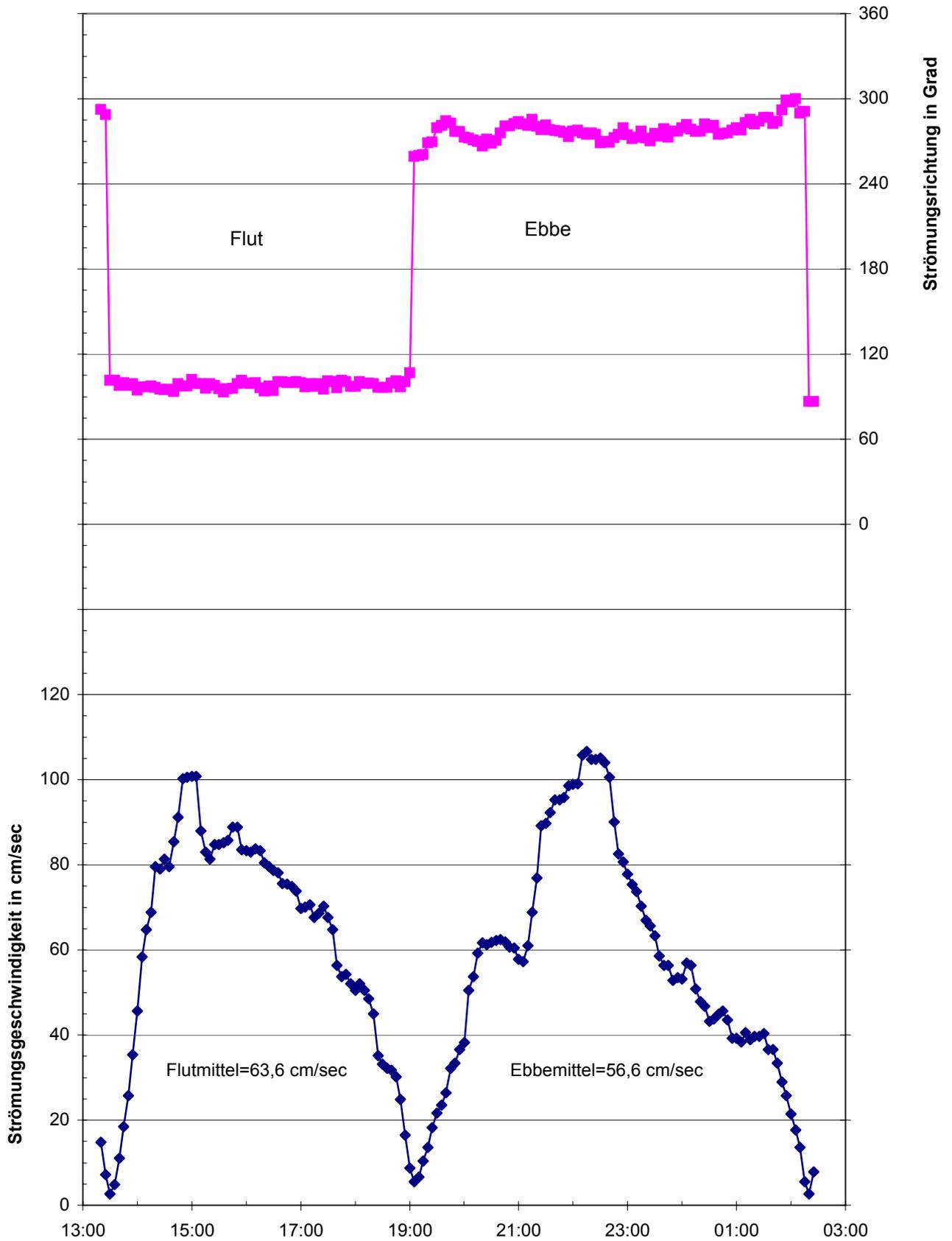
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



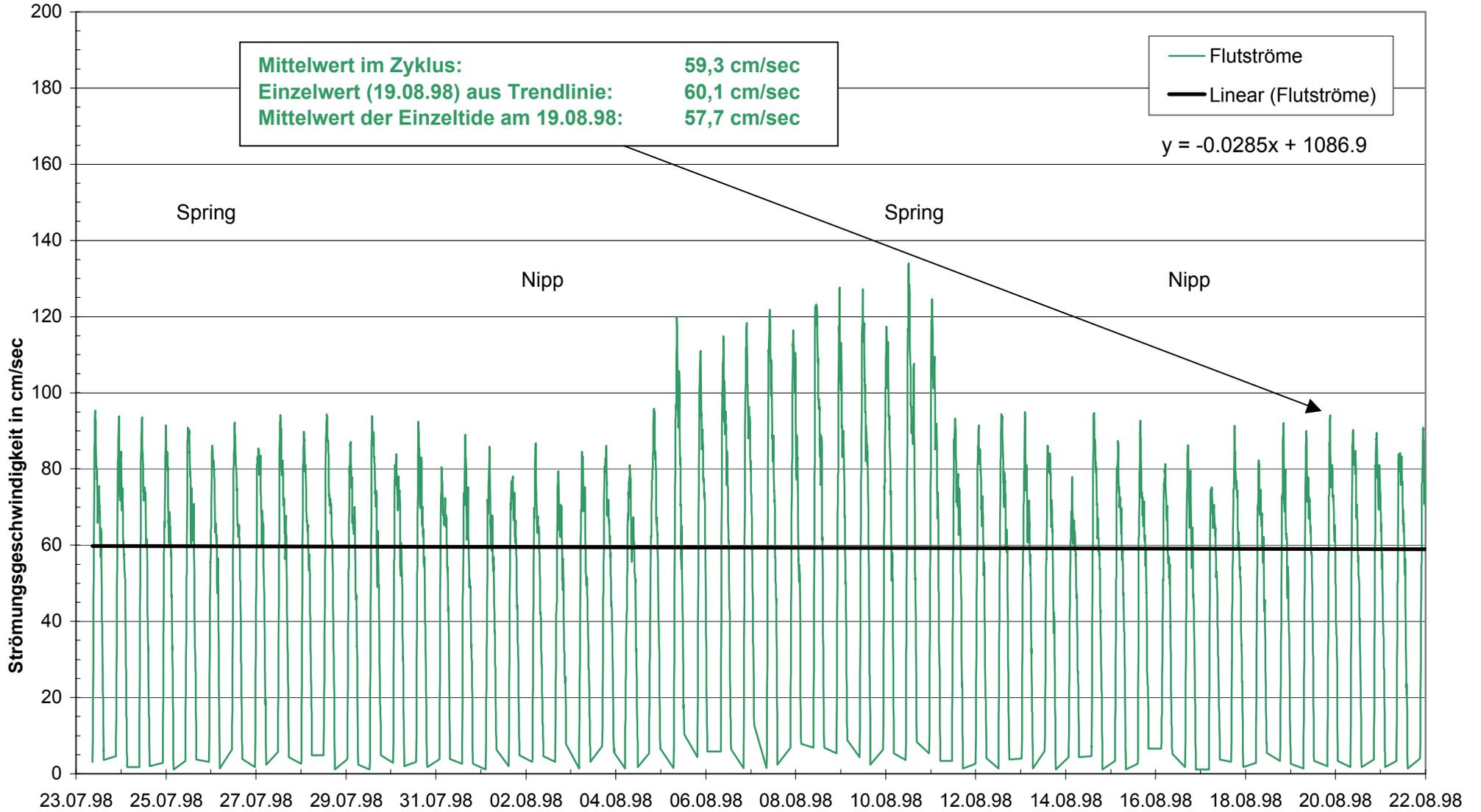
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen**



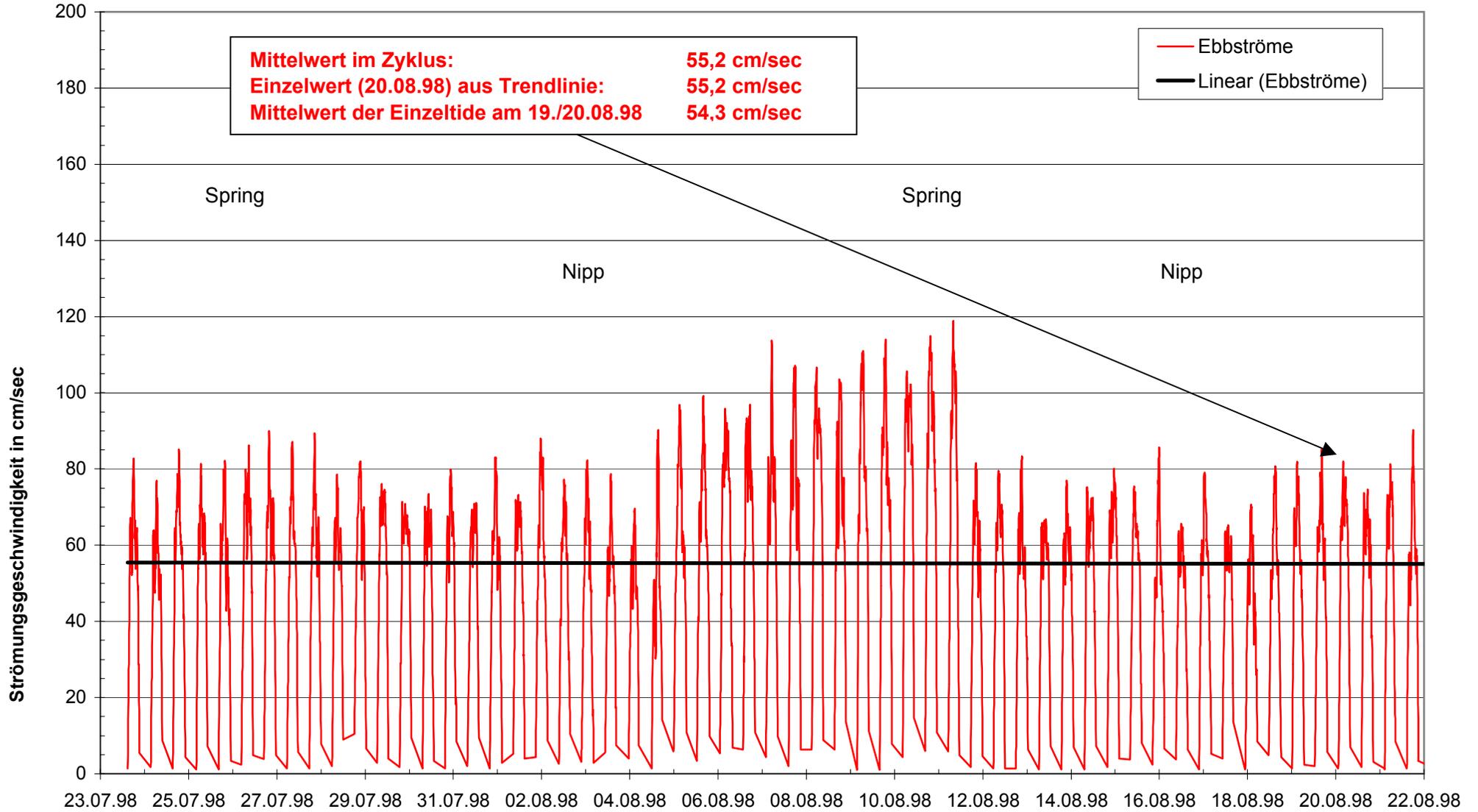
**Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
Strömungen am 02.05..1998**



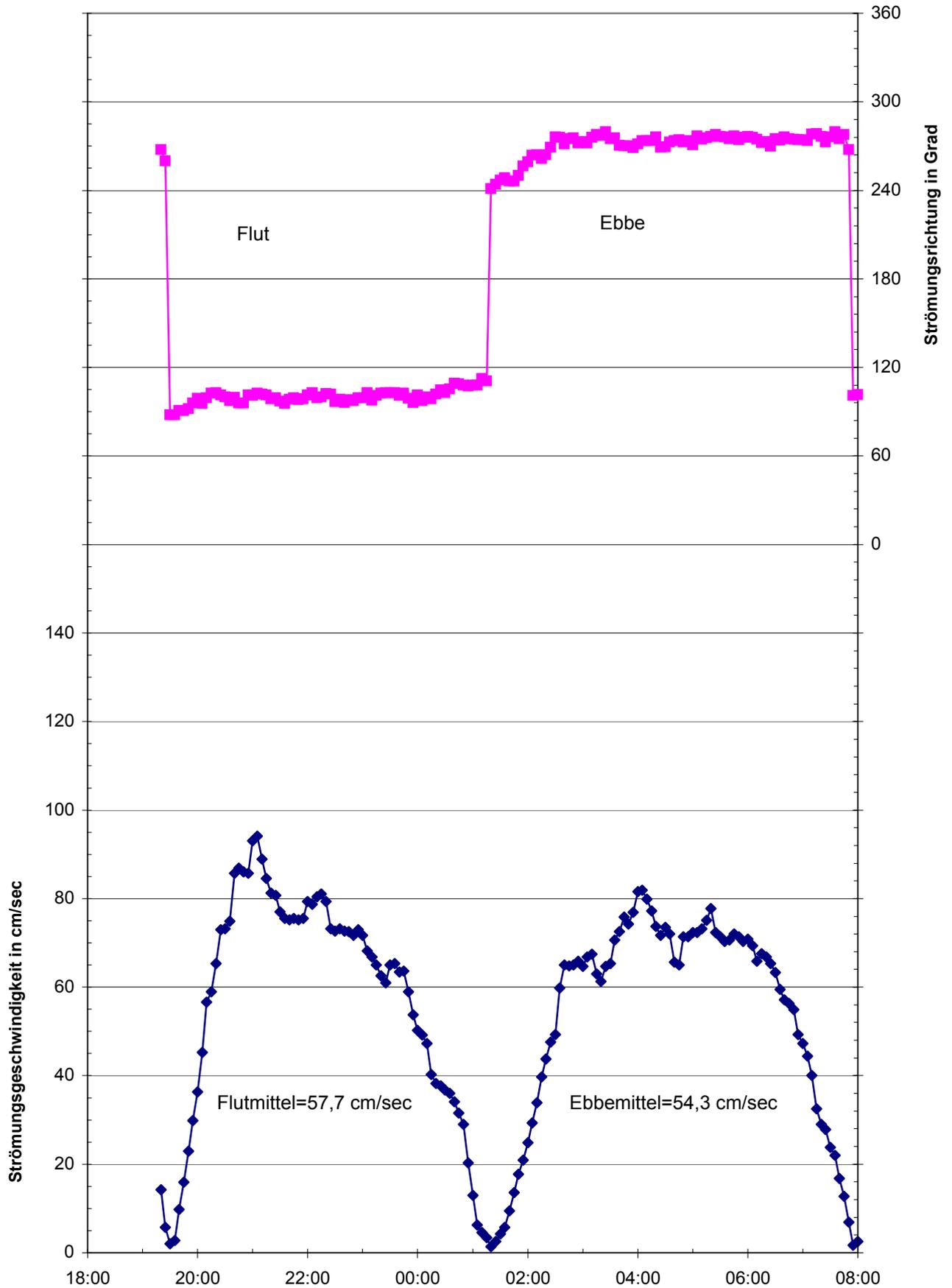
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



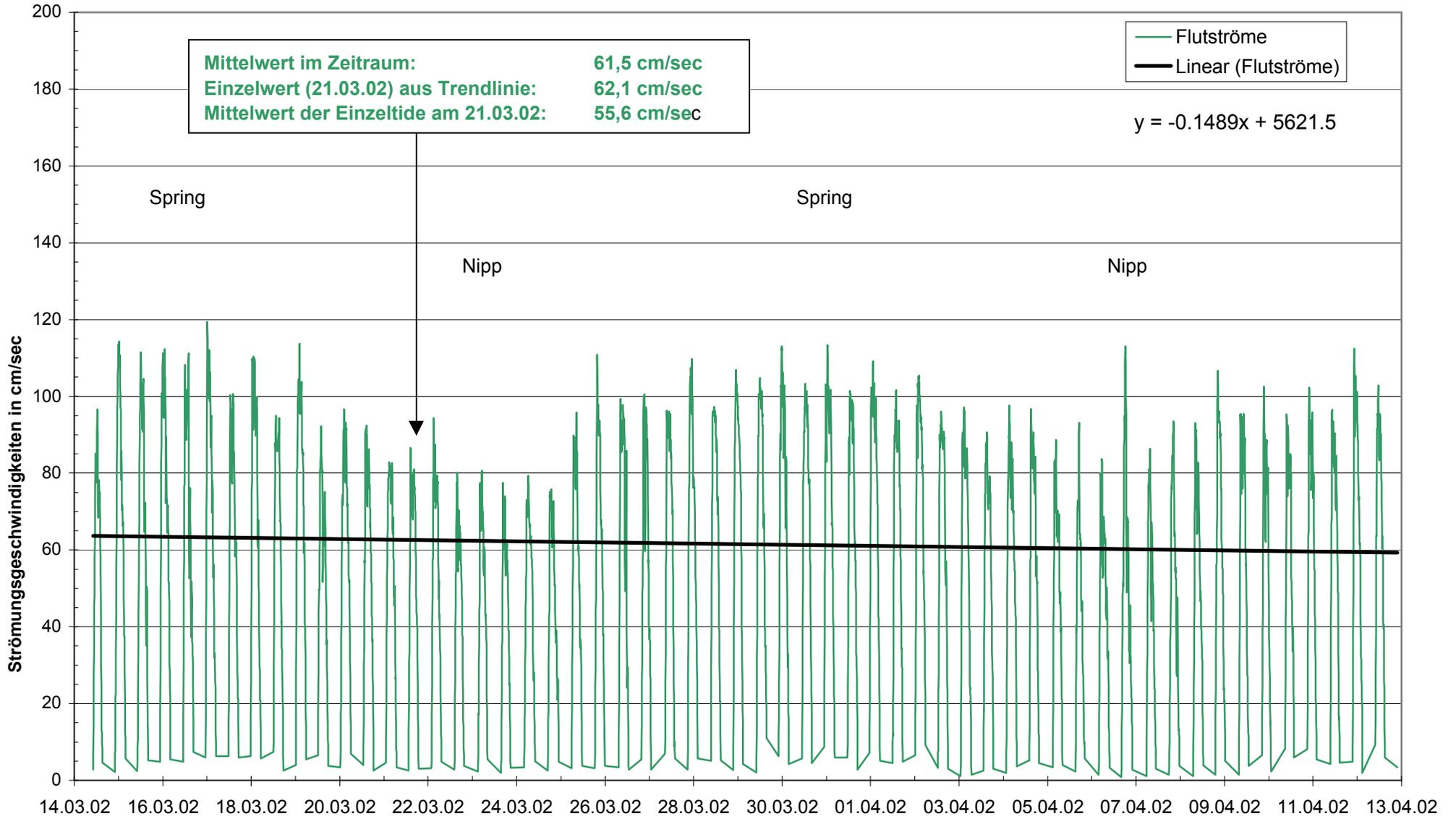
# Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



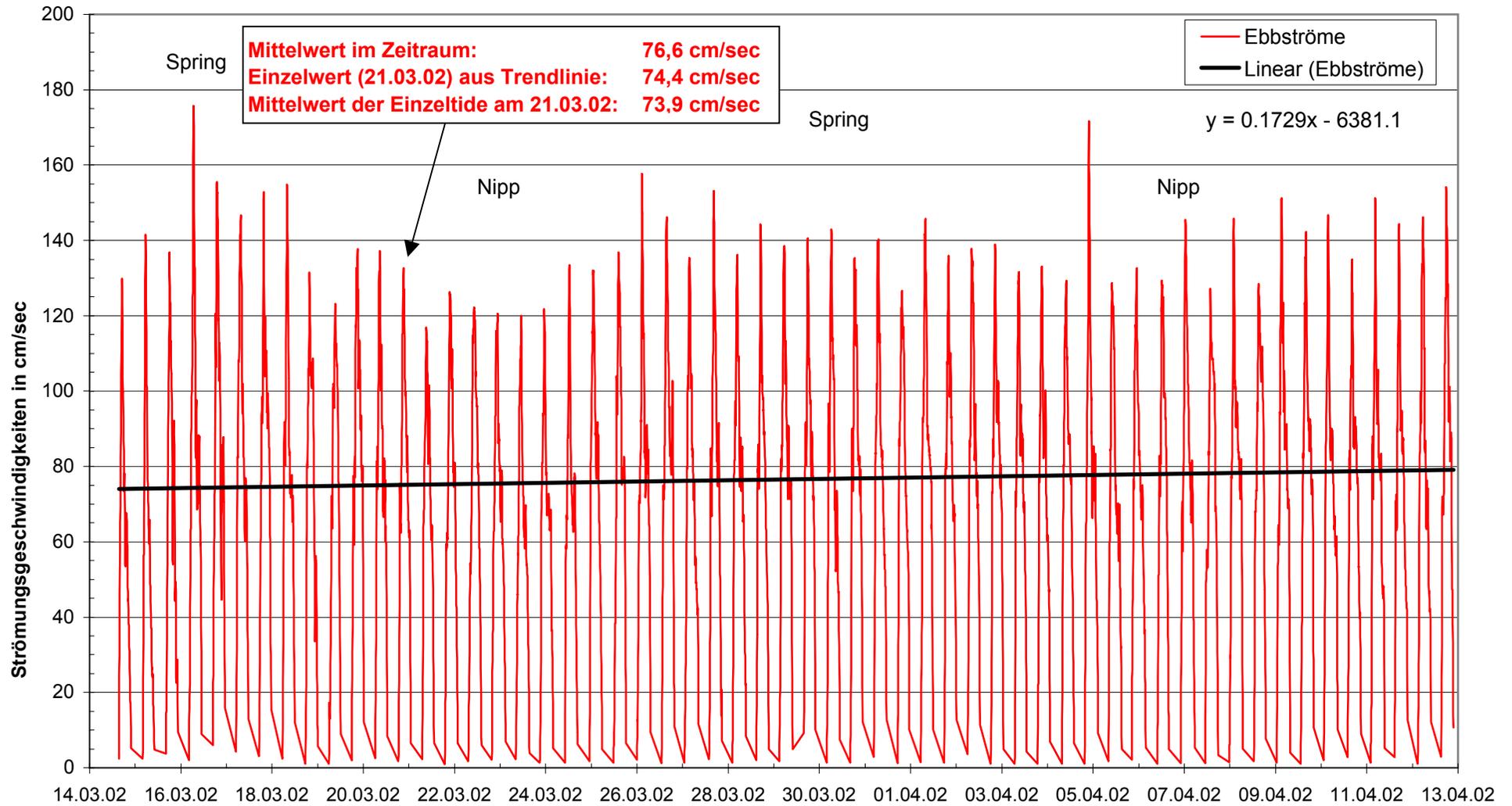
Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
Strömungen am 19./20.08.98 Boden nah



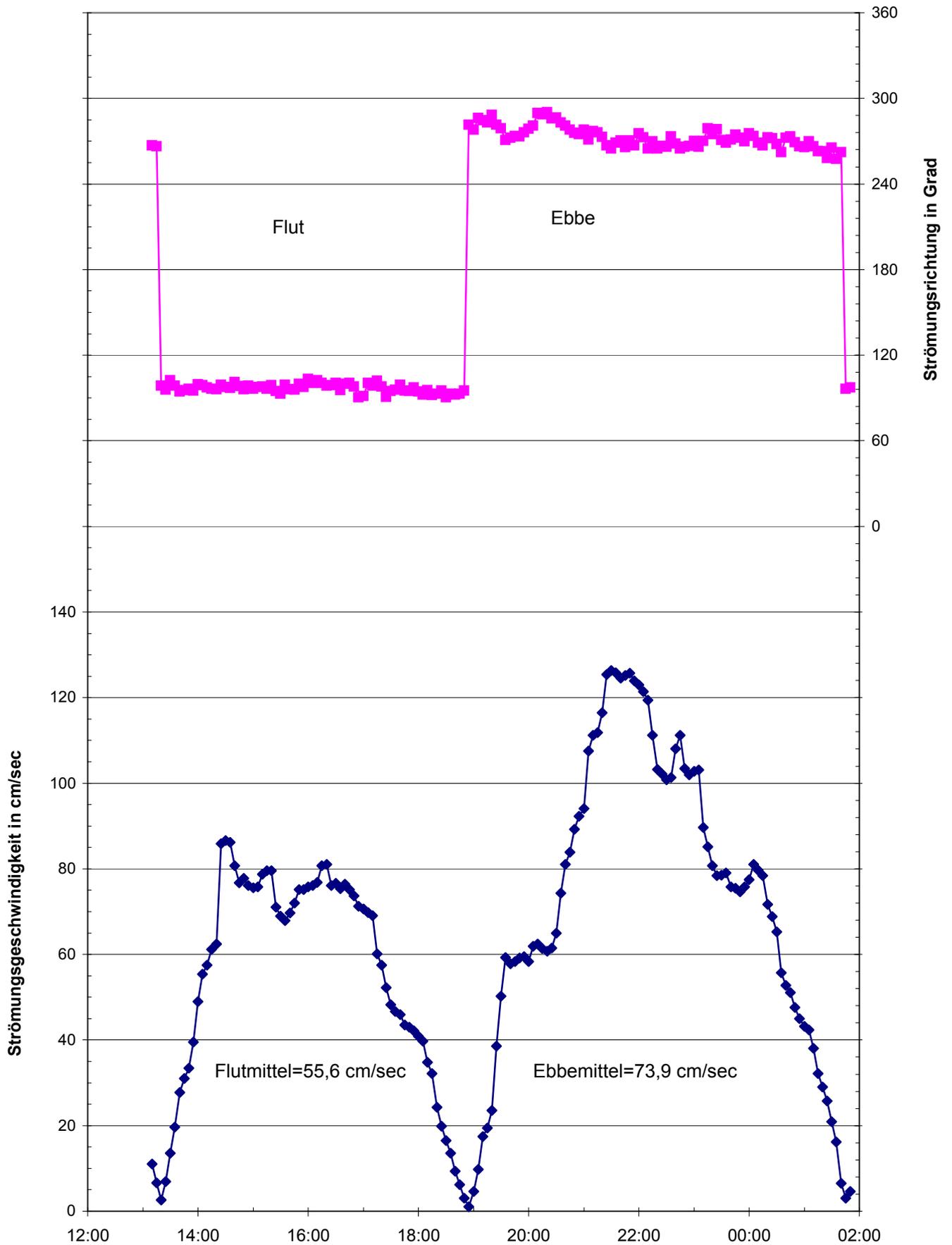
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



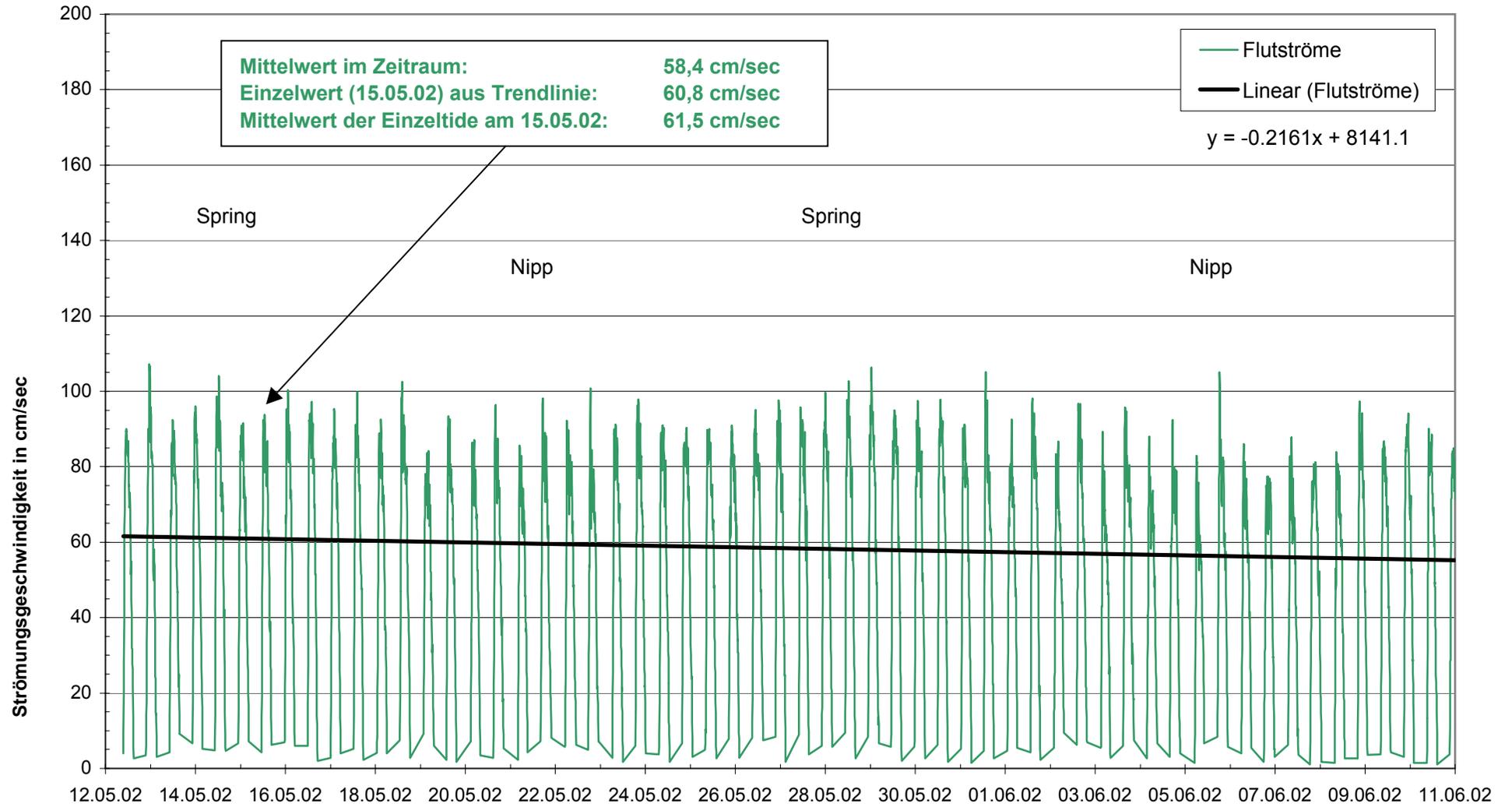
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



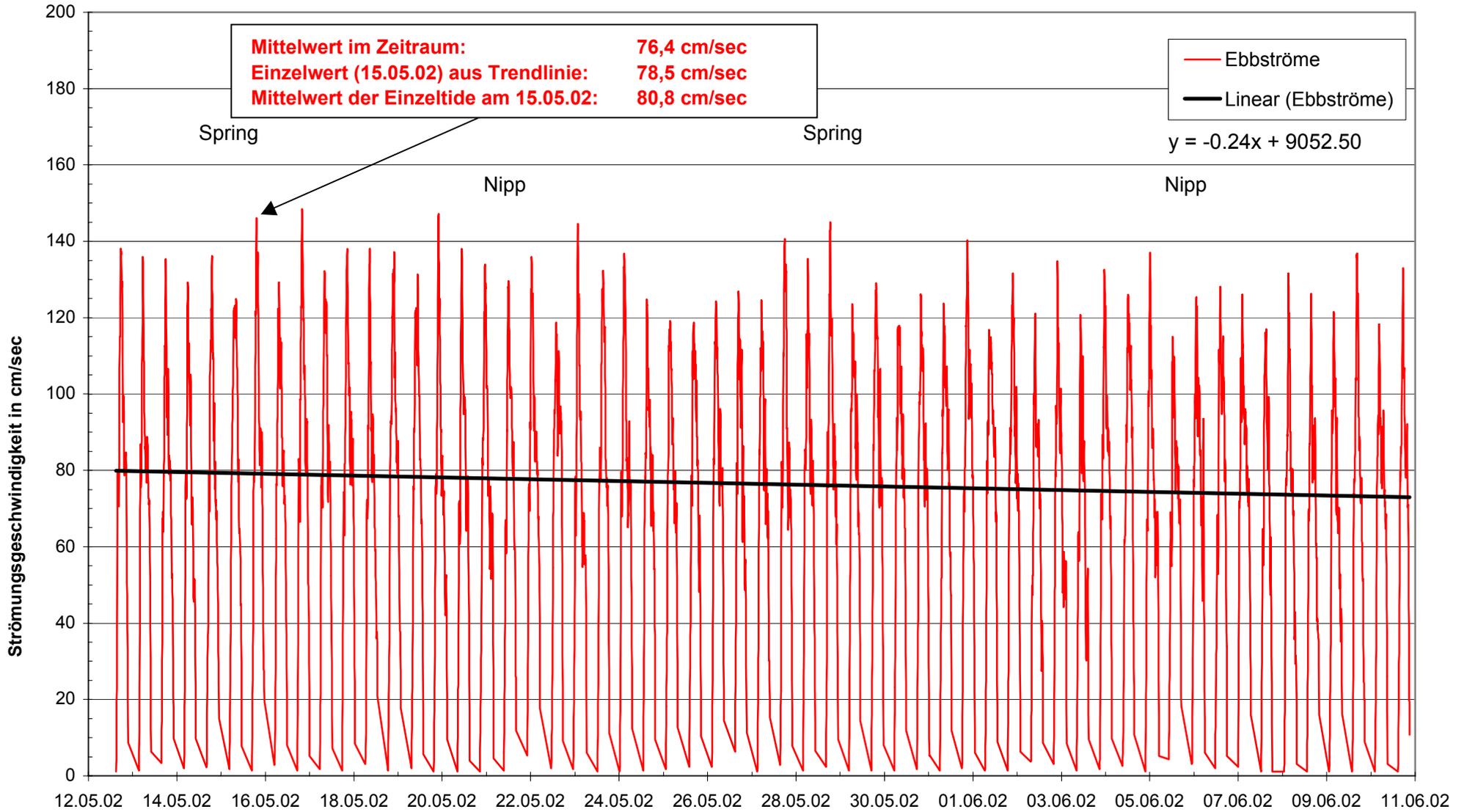
Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
Strömungen am 21./22.03.02 Boden nah



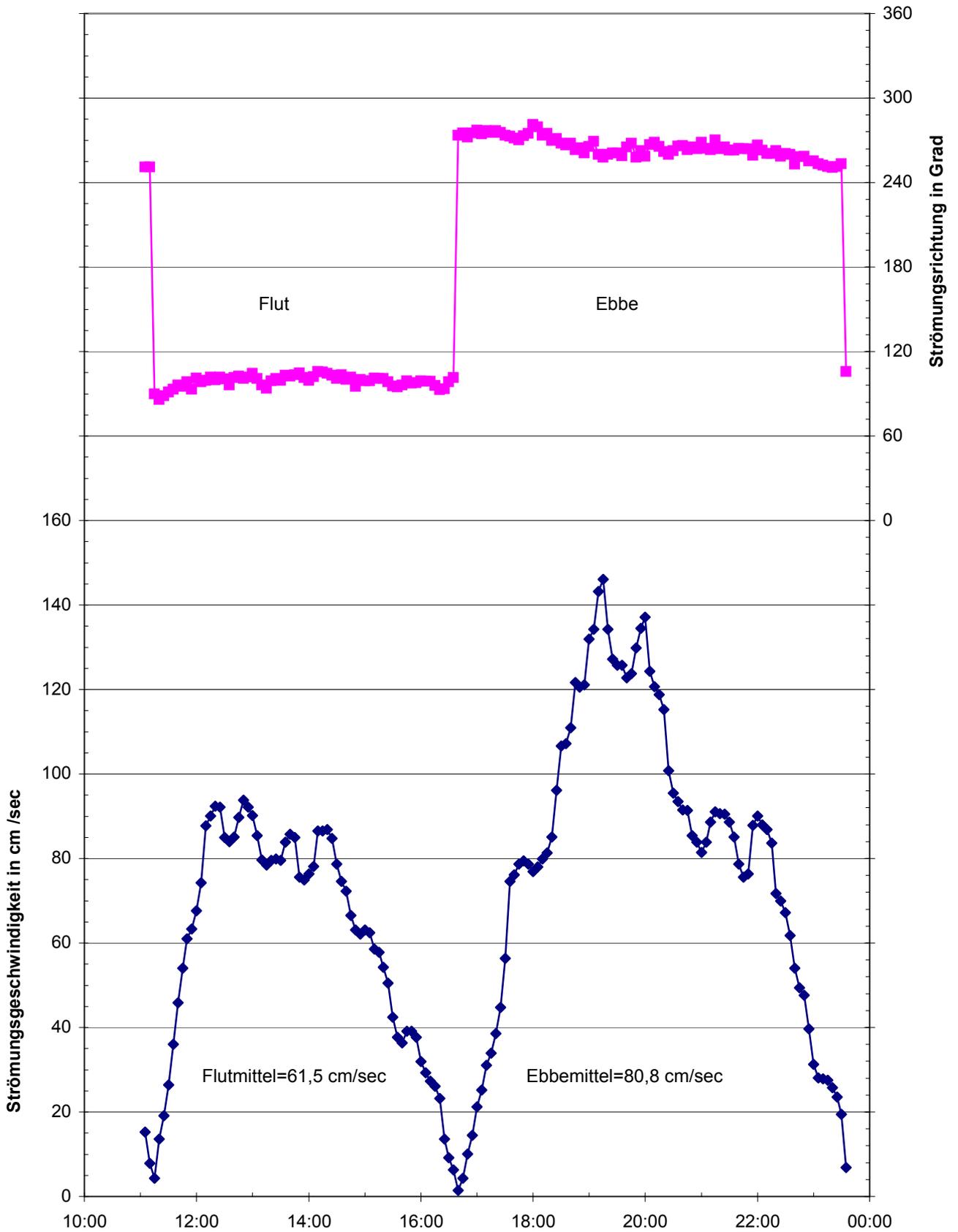
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



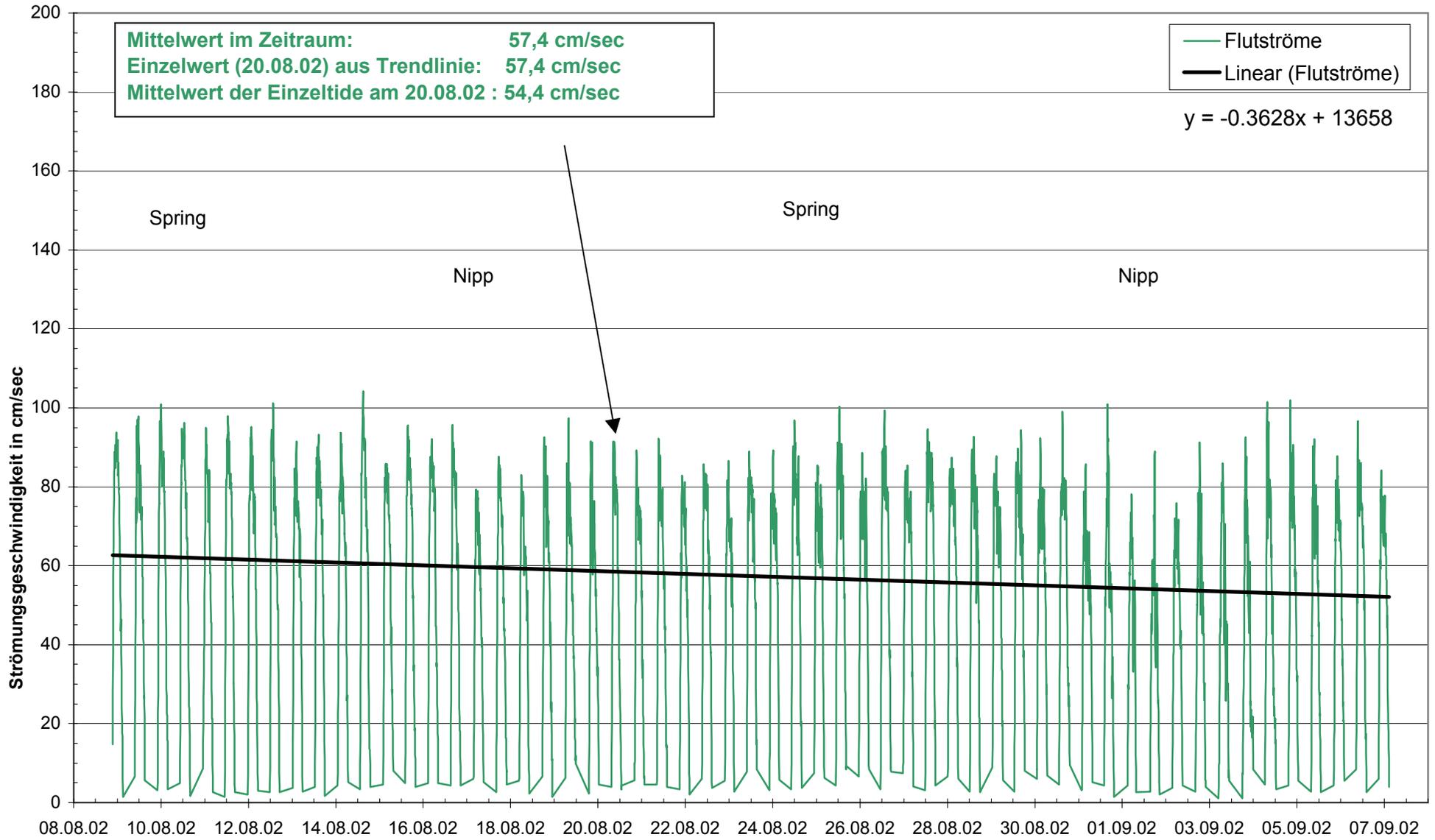
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



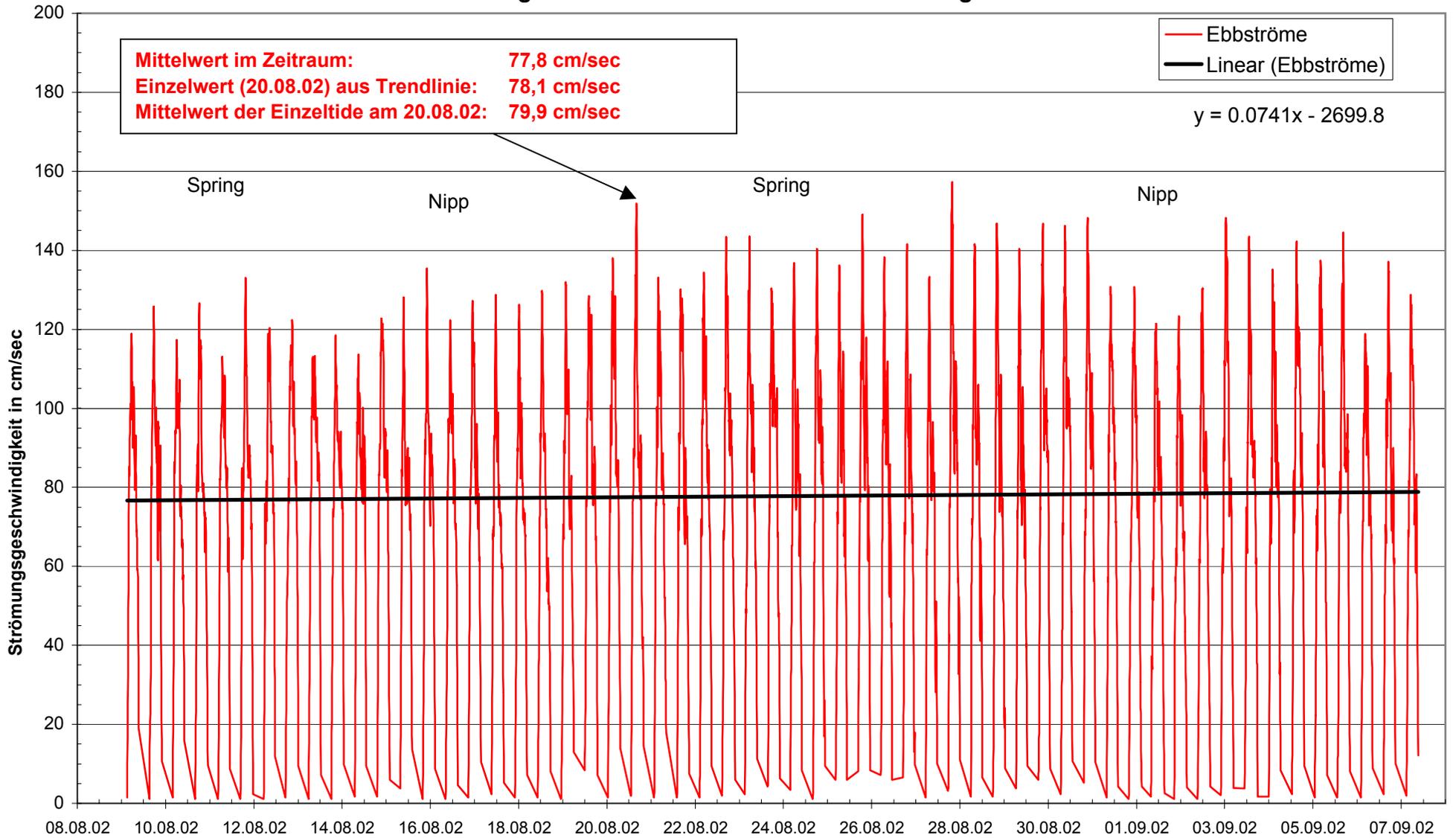
**Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
Strömungen am 15.05.02 Boden nah**



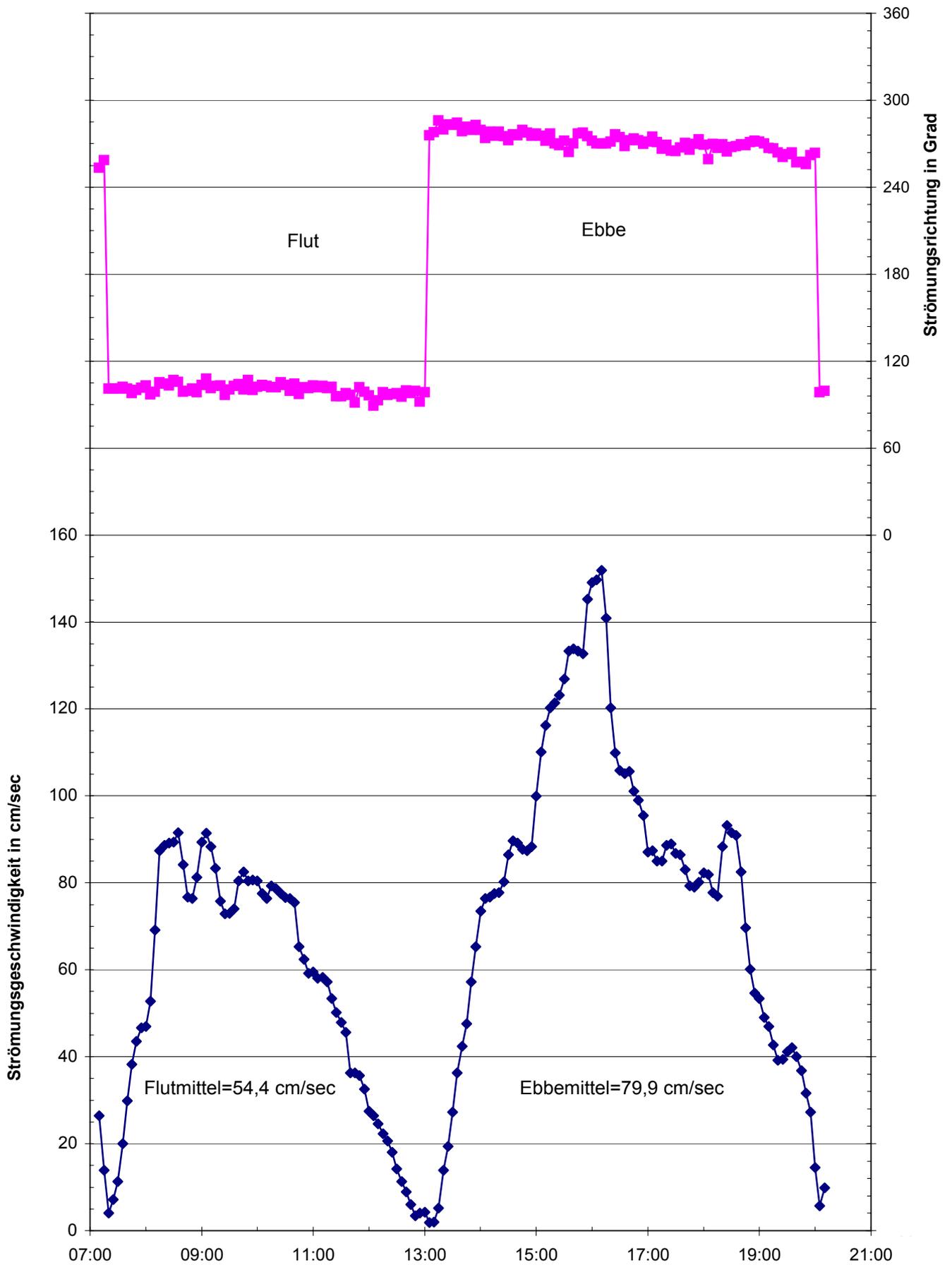
# Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmesstation LZ3 Altenbrucher Bogen



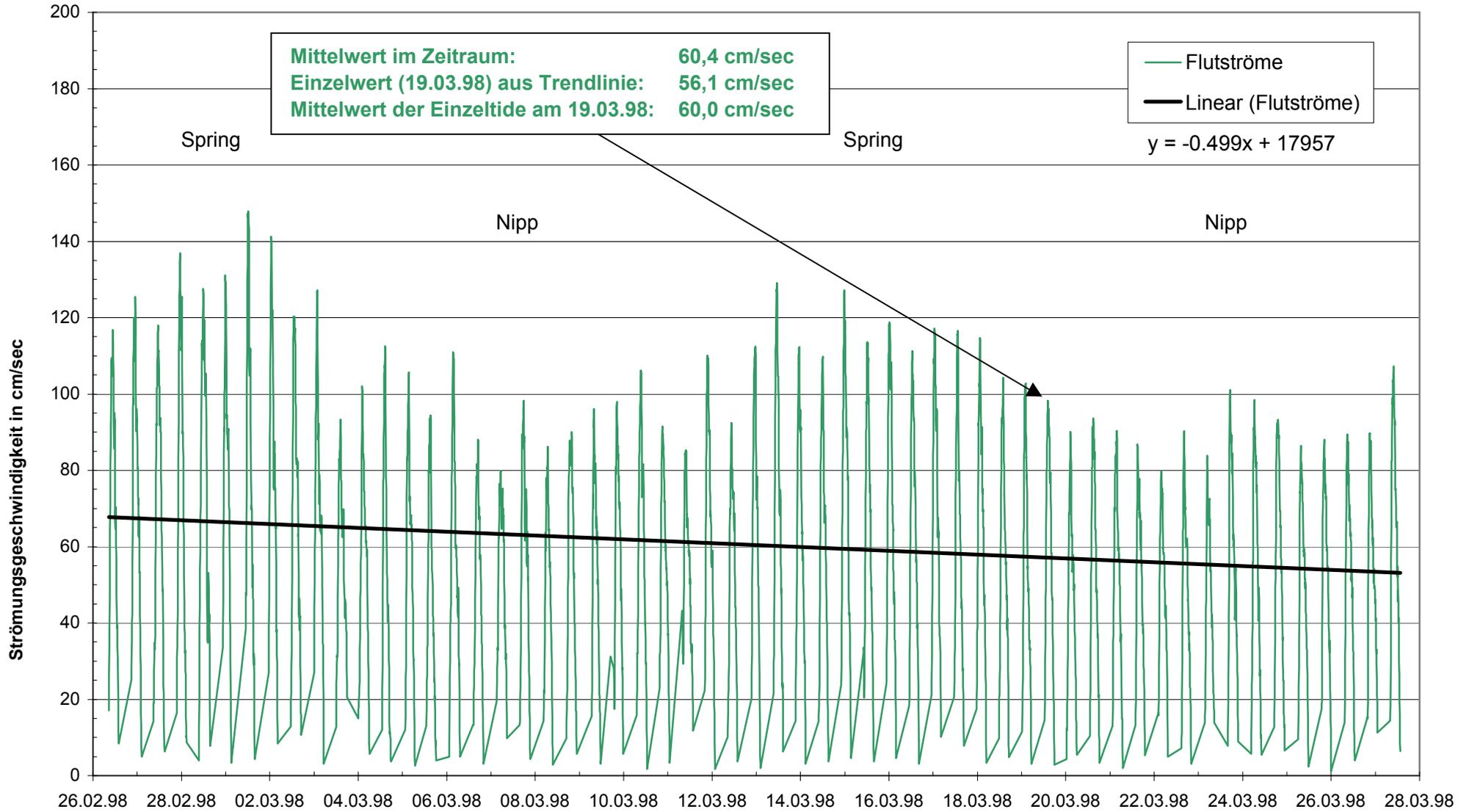
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp - Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen



**Langzeitmessstation LZ3 Altenbrucher Bogen  
Strömungen am 20.08.02 Boden nah**

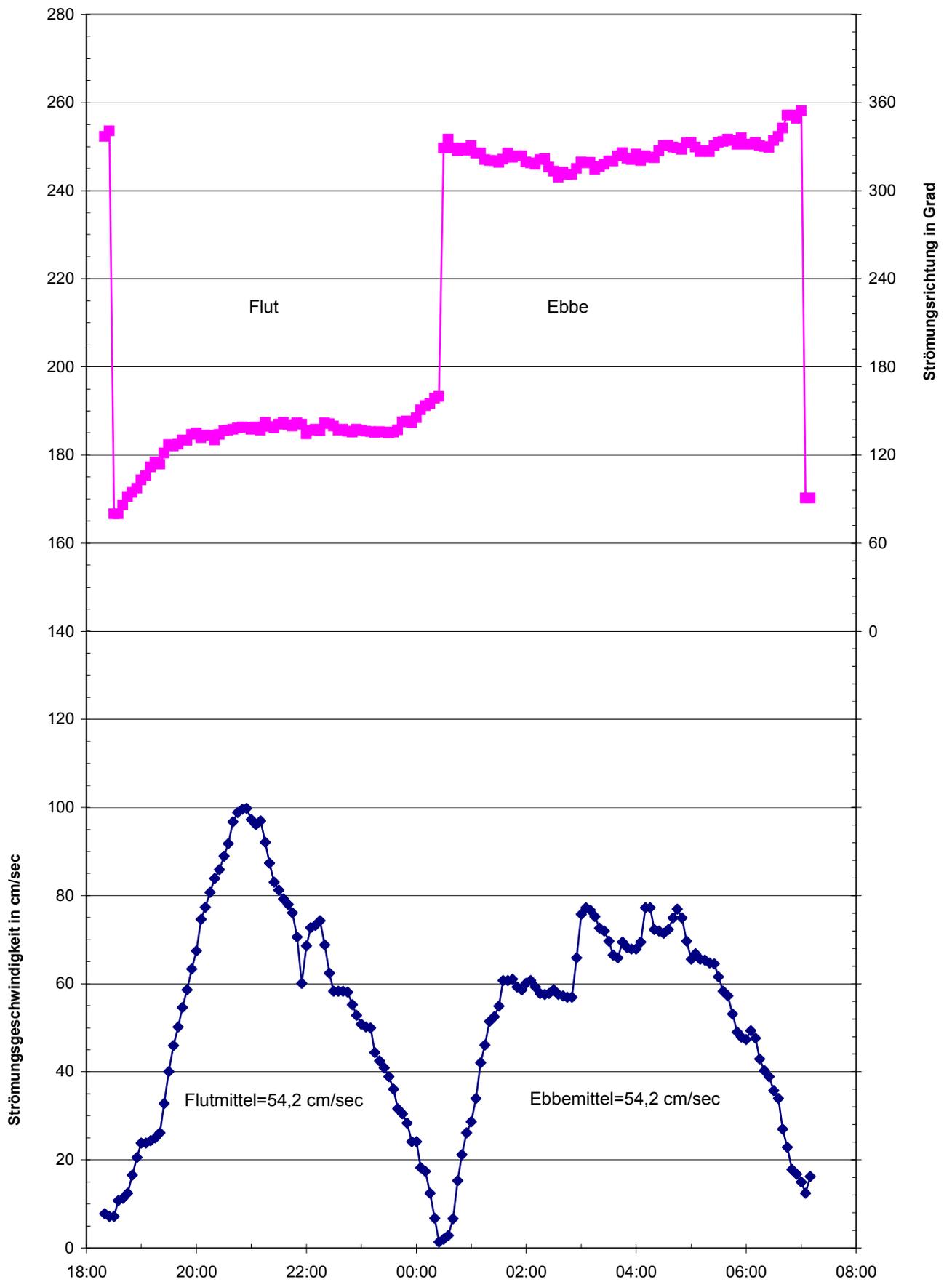


## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmesstation LZ4 Spitzsand West

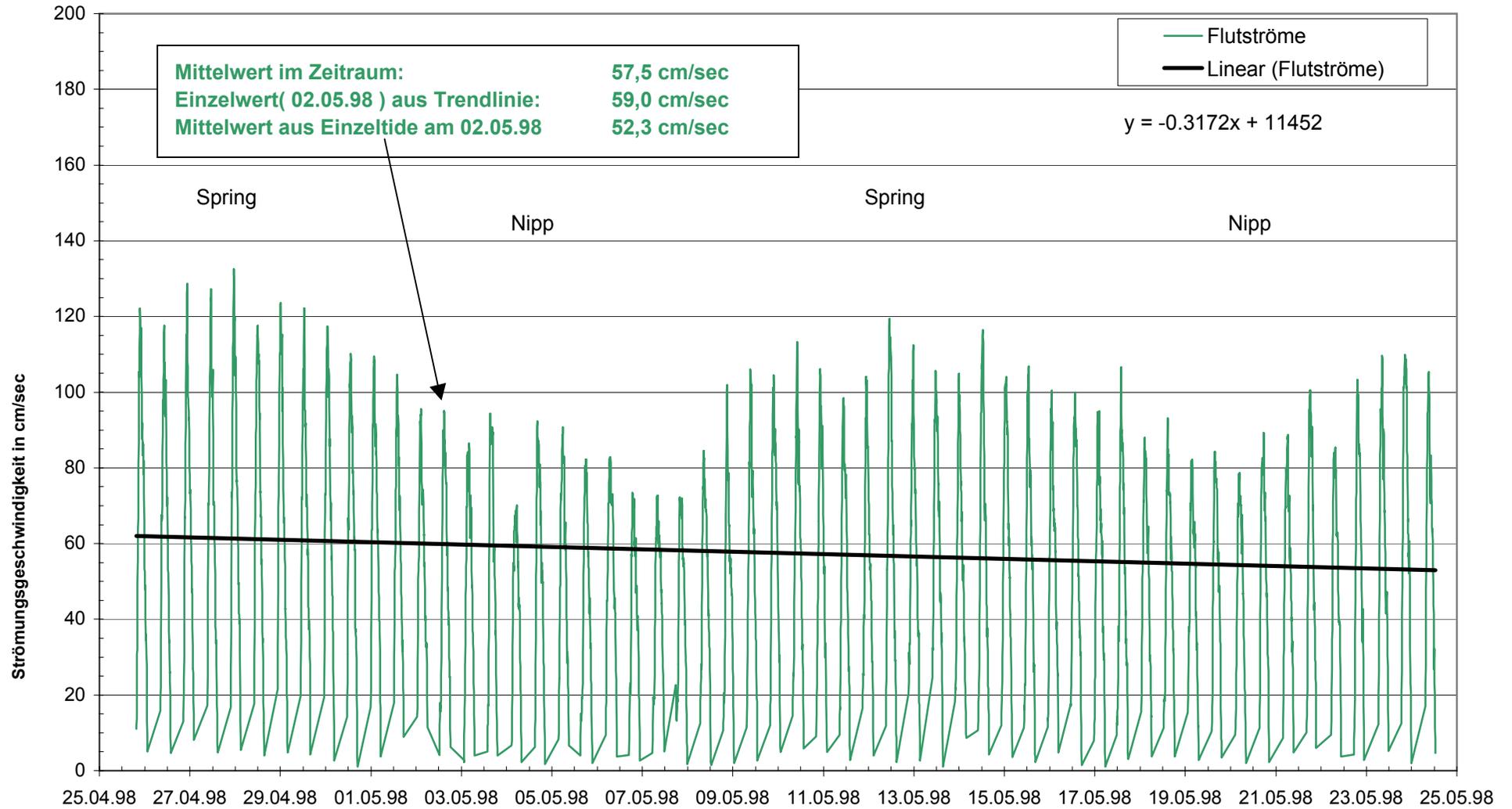




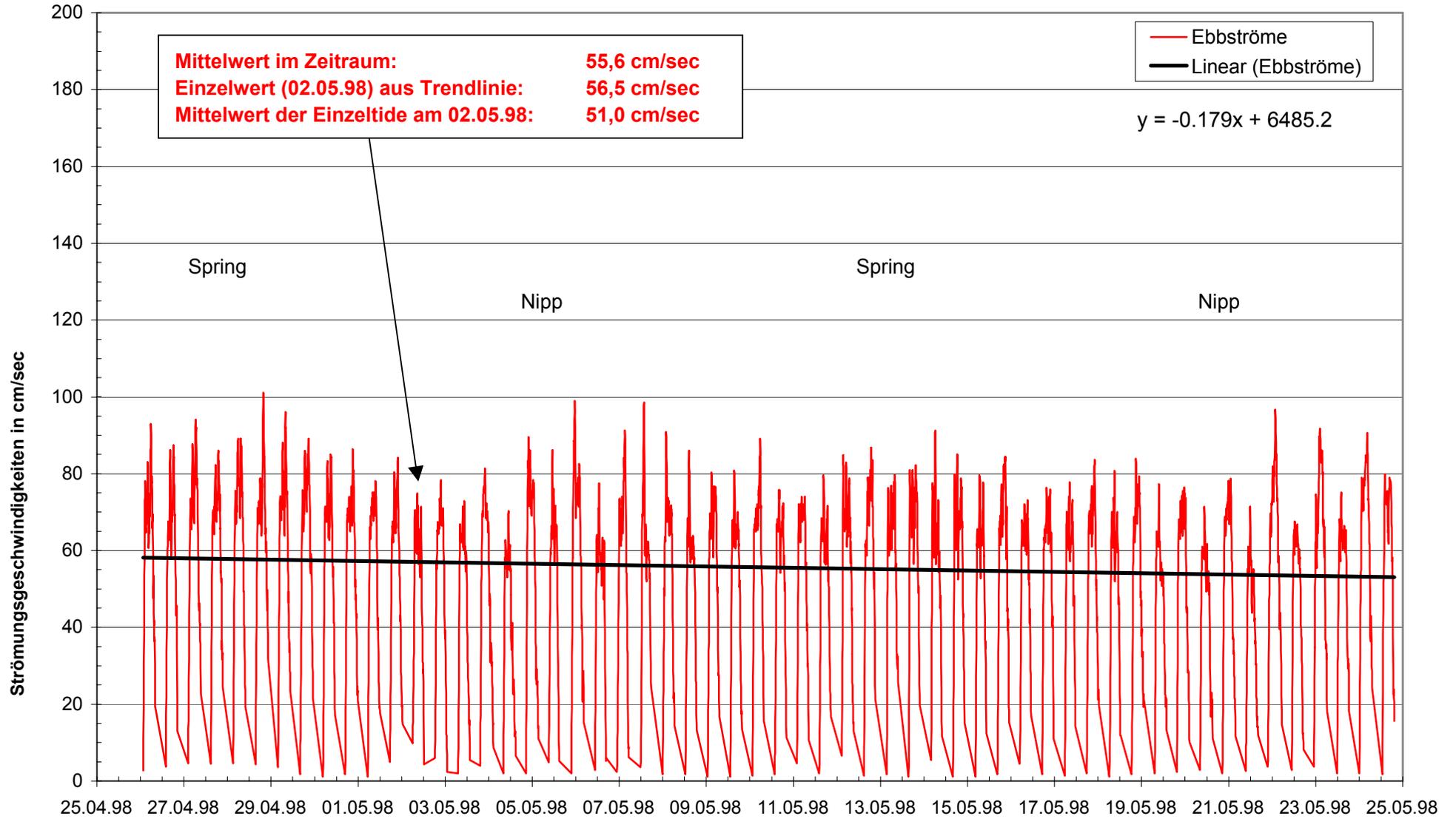
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
Strömungen am 19./20.08.98 Boden nah**



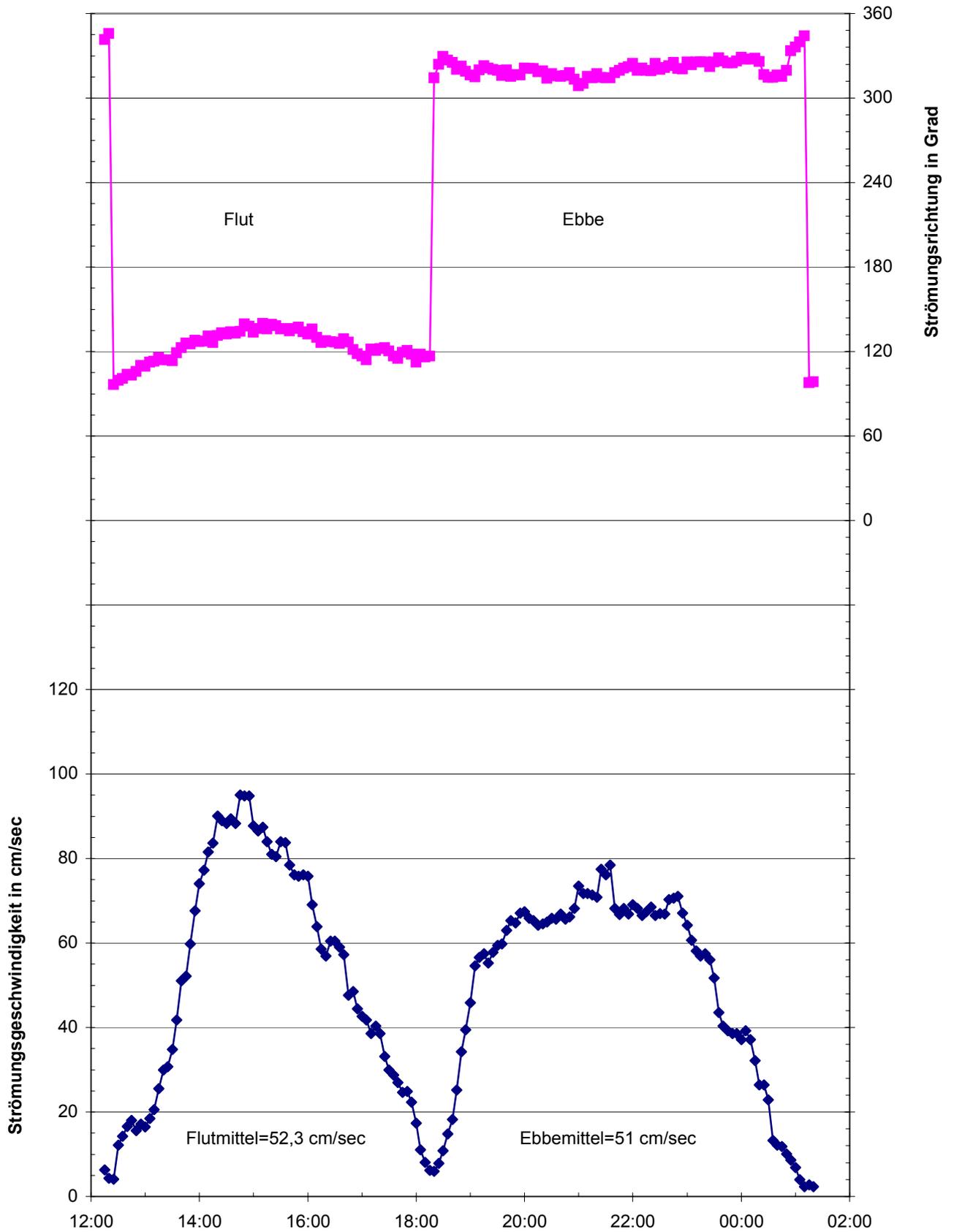
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



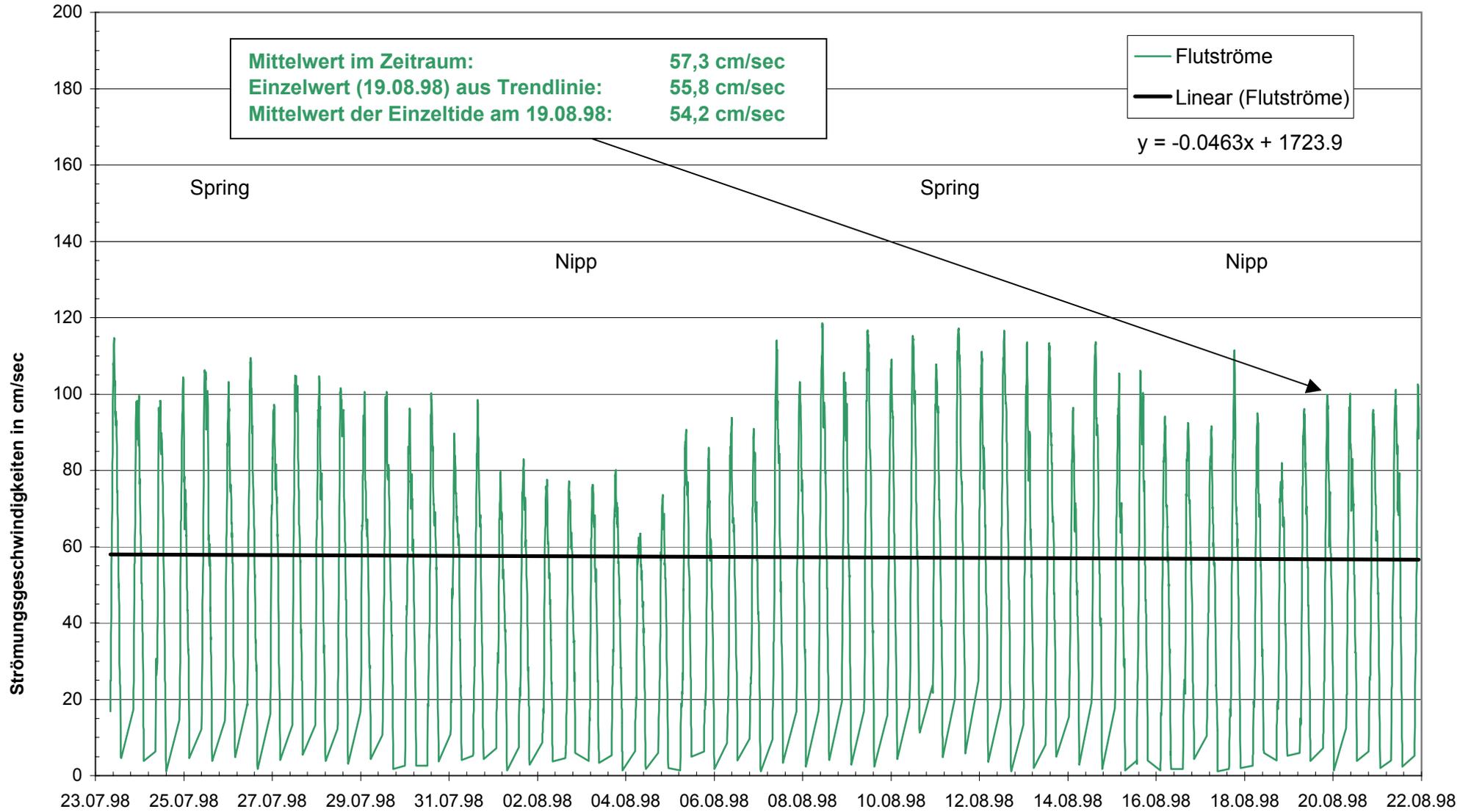
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West**



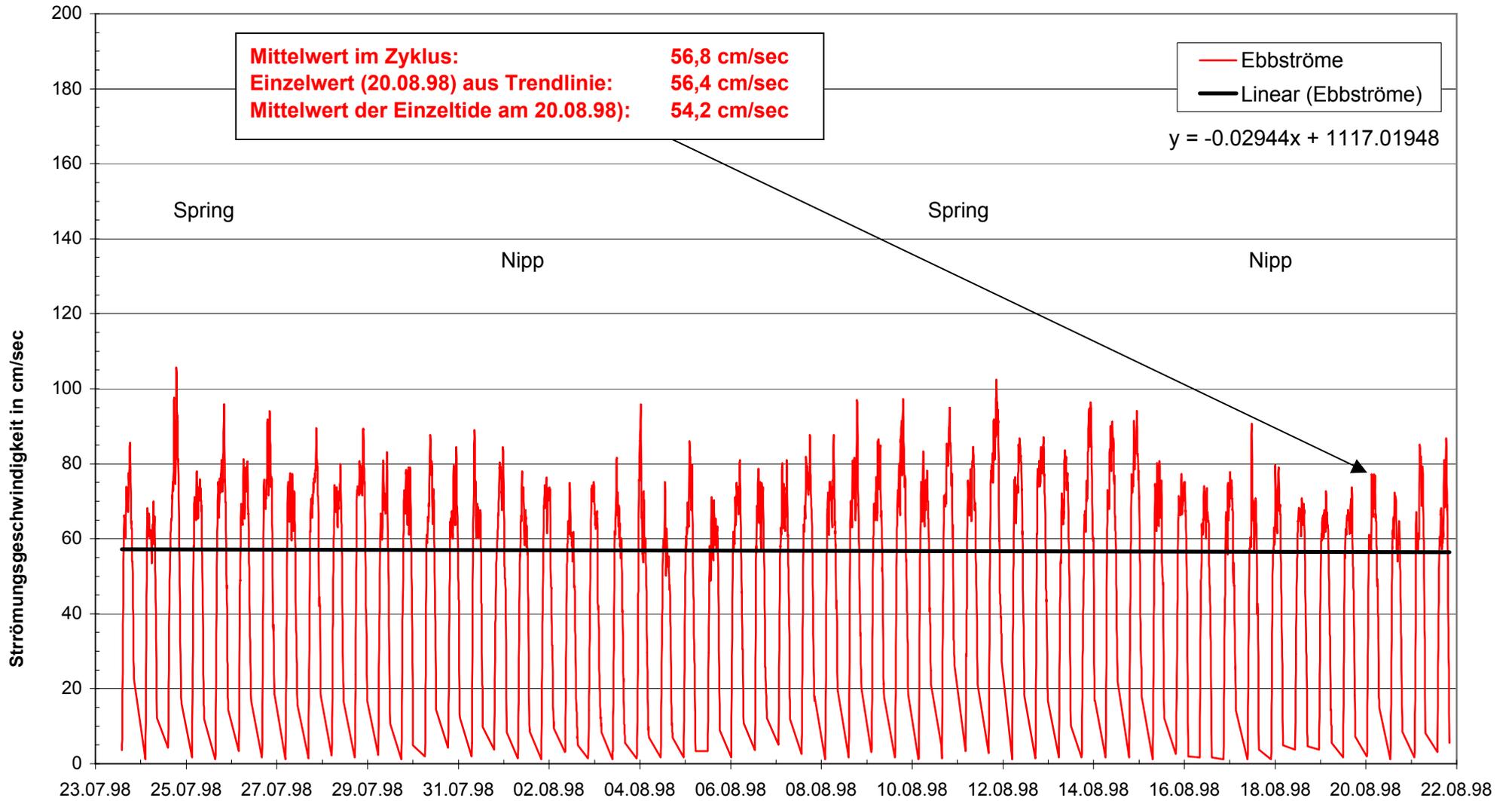
Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
 Strömungen am 02.05.1998 Boden nah



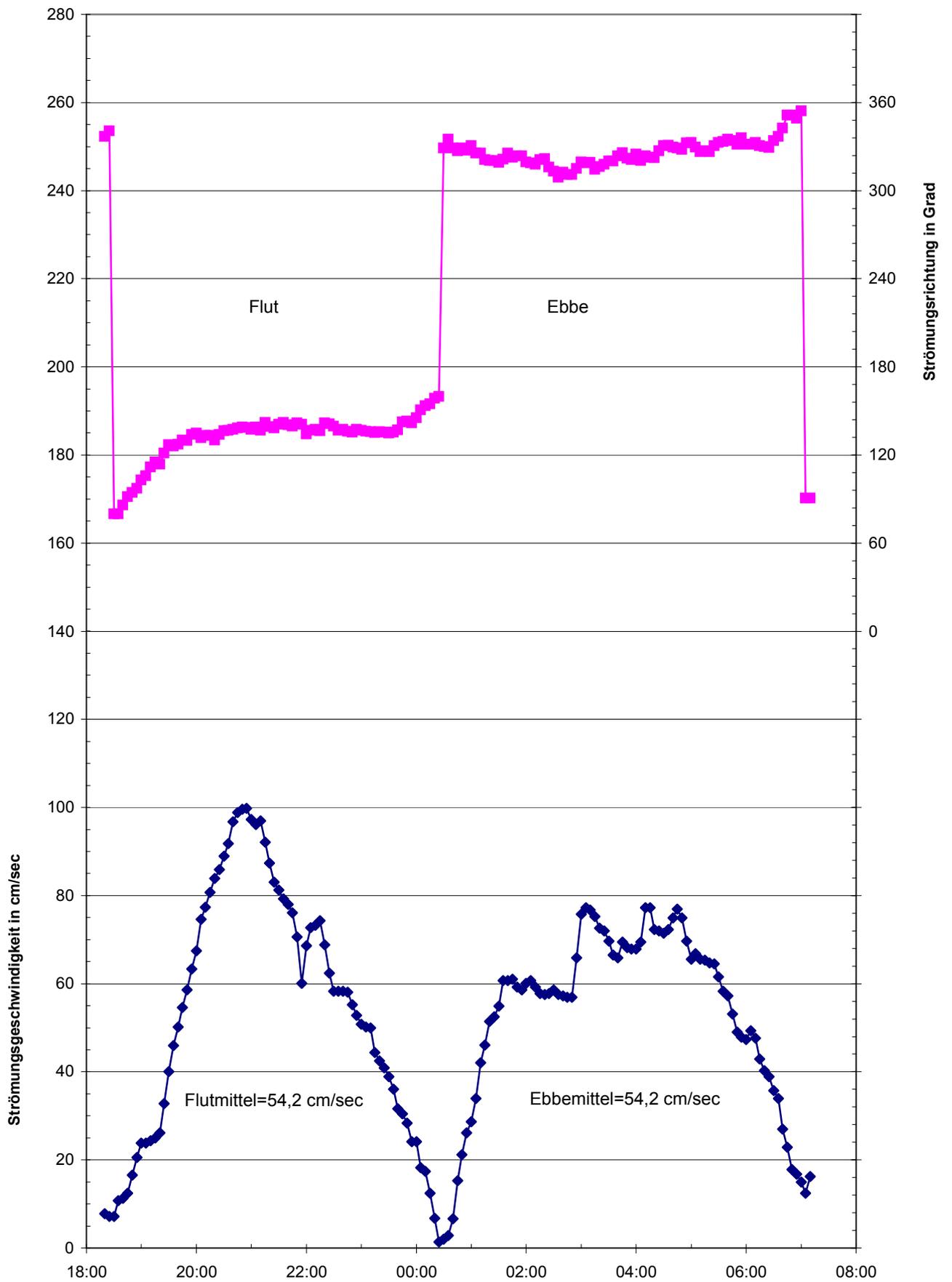
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



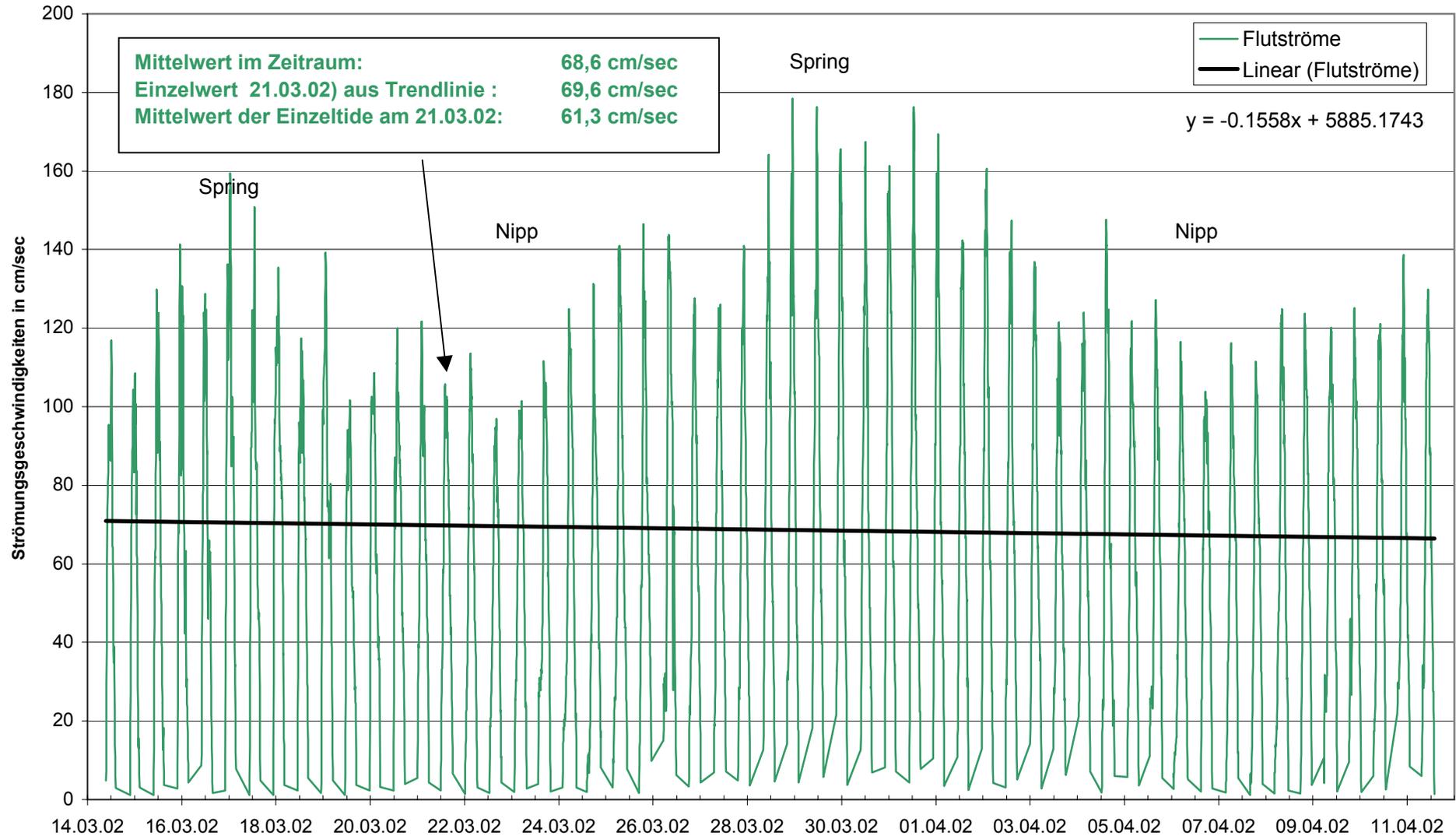
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Dauermessstation LZ4 Spitzsand West**



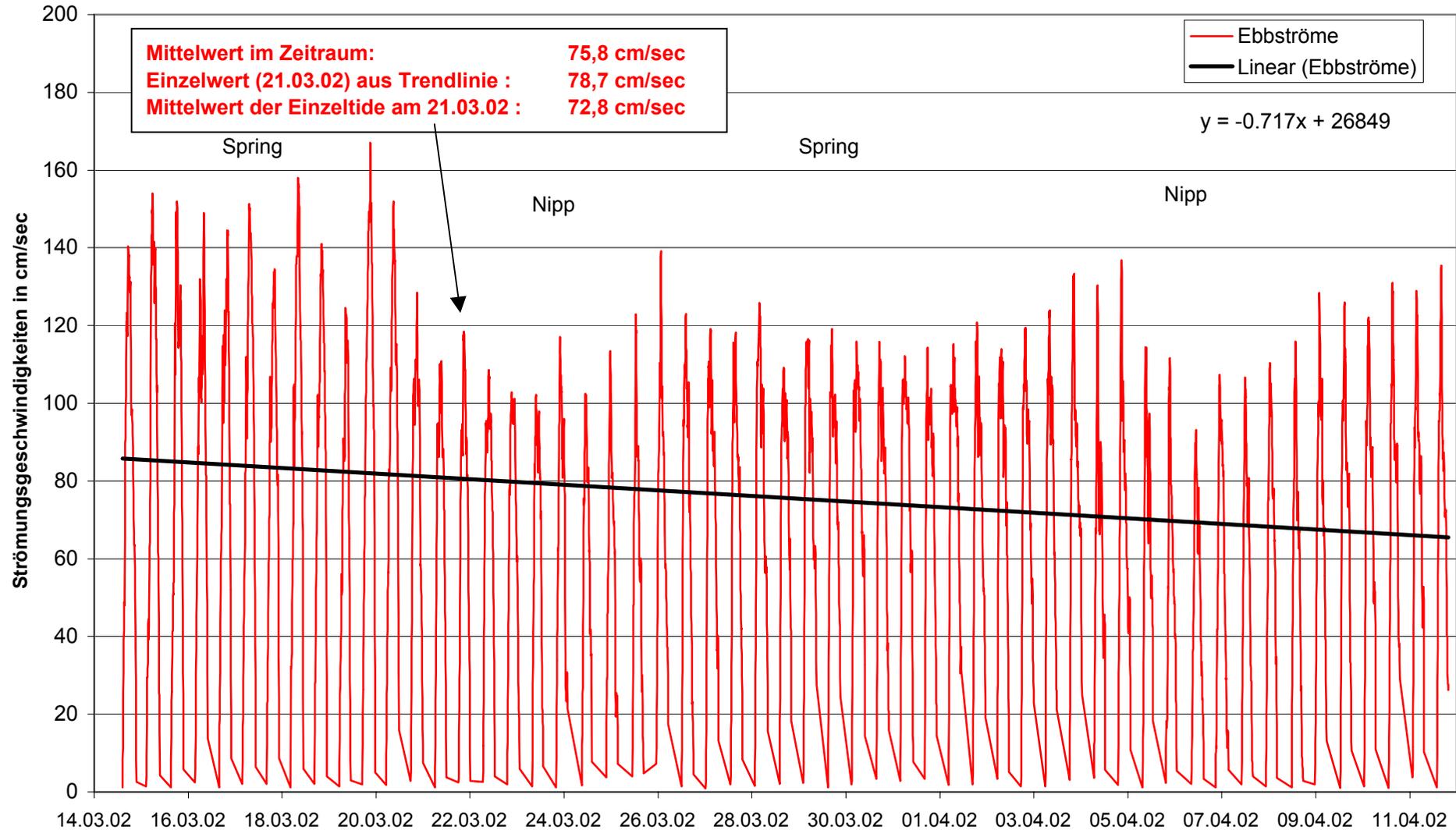
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
Strömungen am 19./20.08.98 Boden nah**



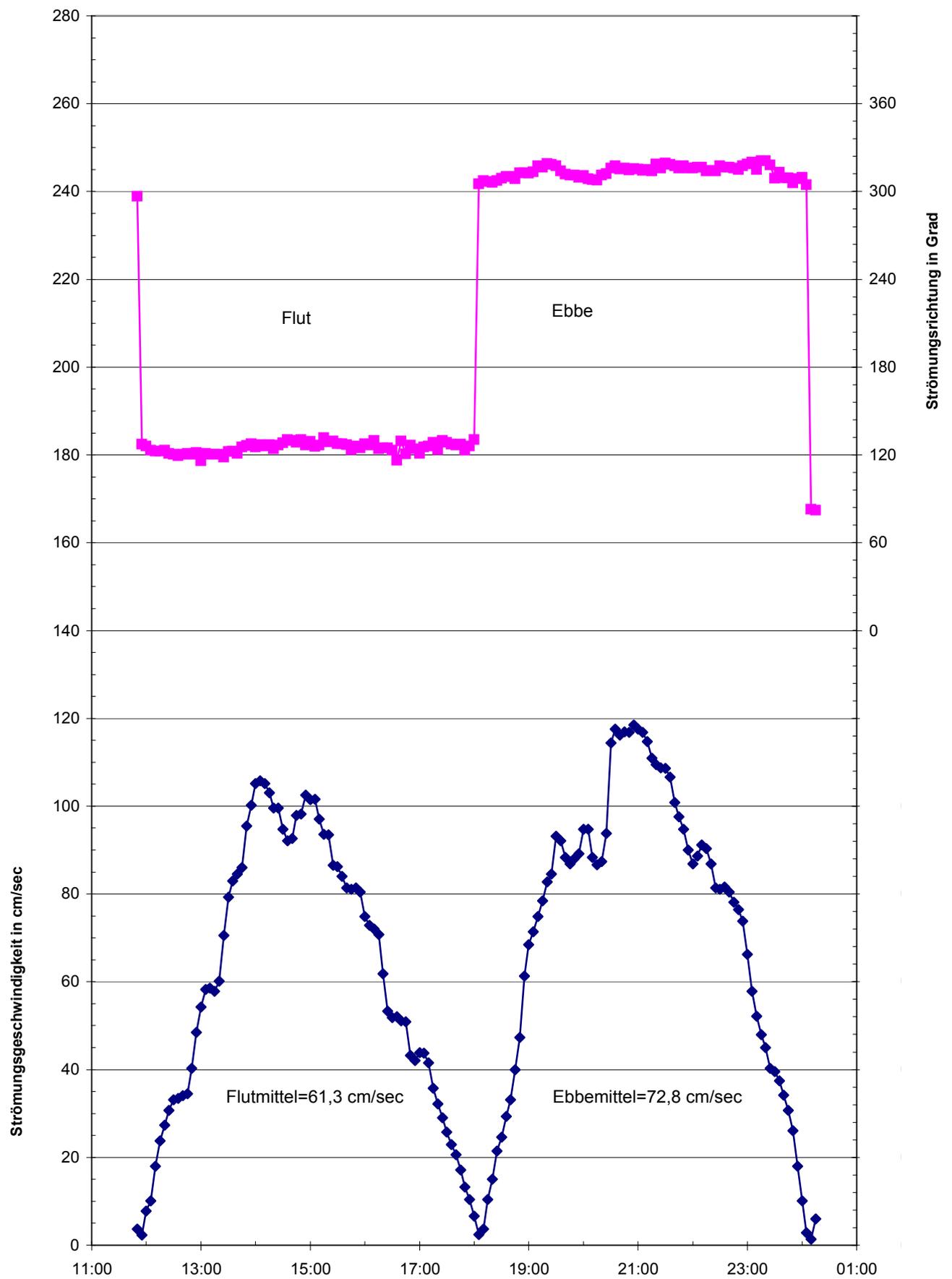
**Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West**



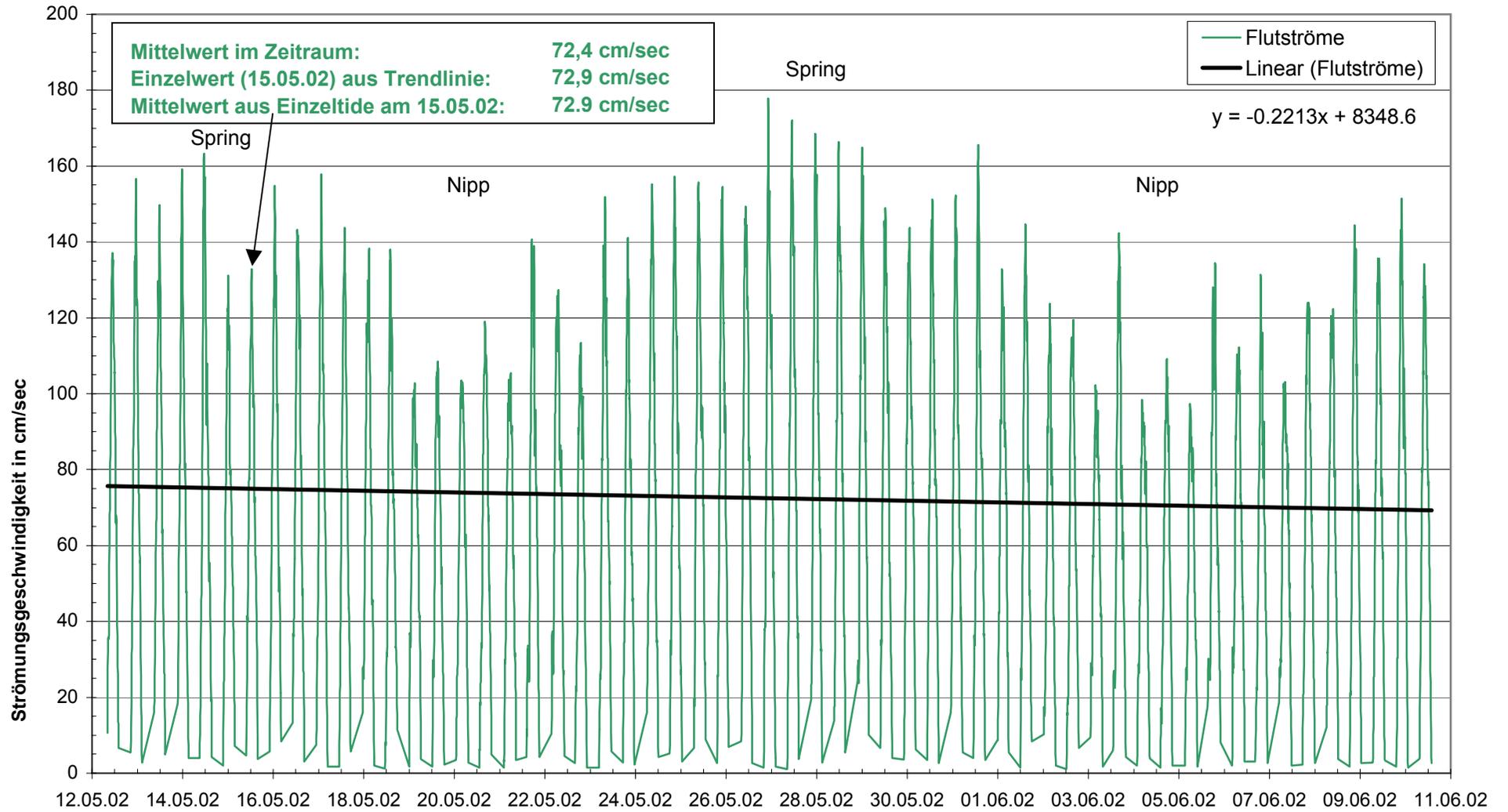
## Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



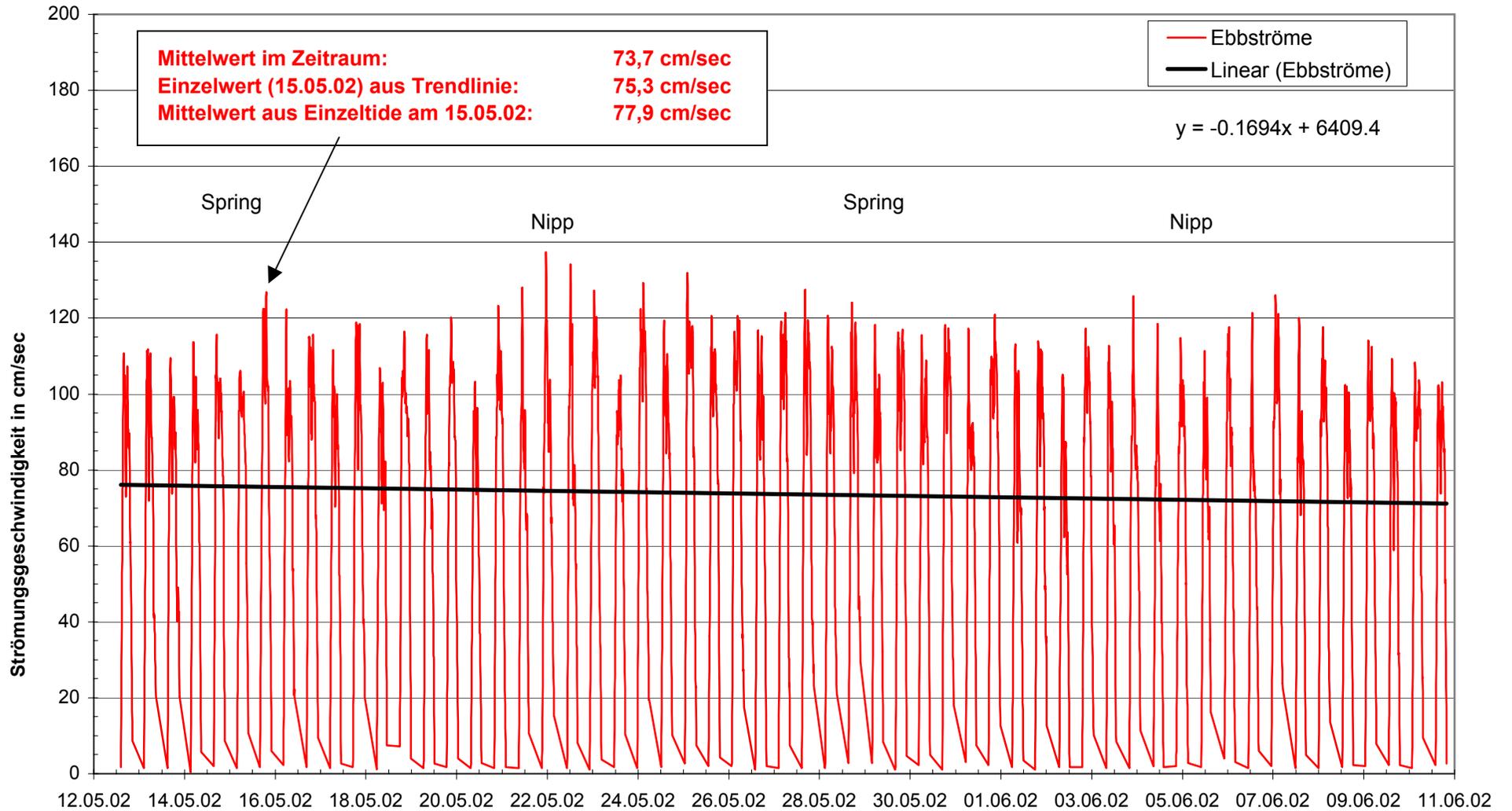
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
Strömungen am 21./22.03.2002**



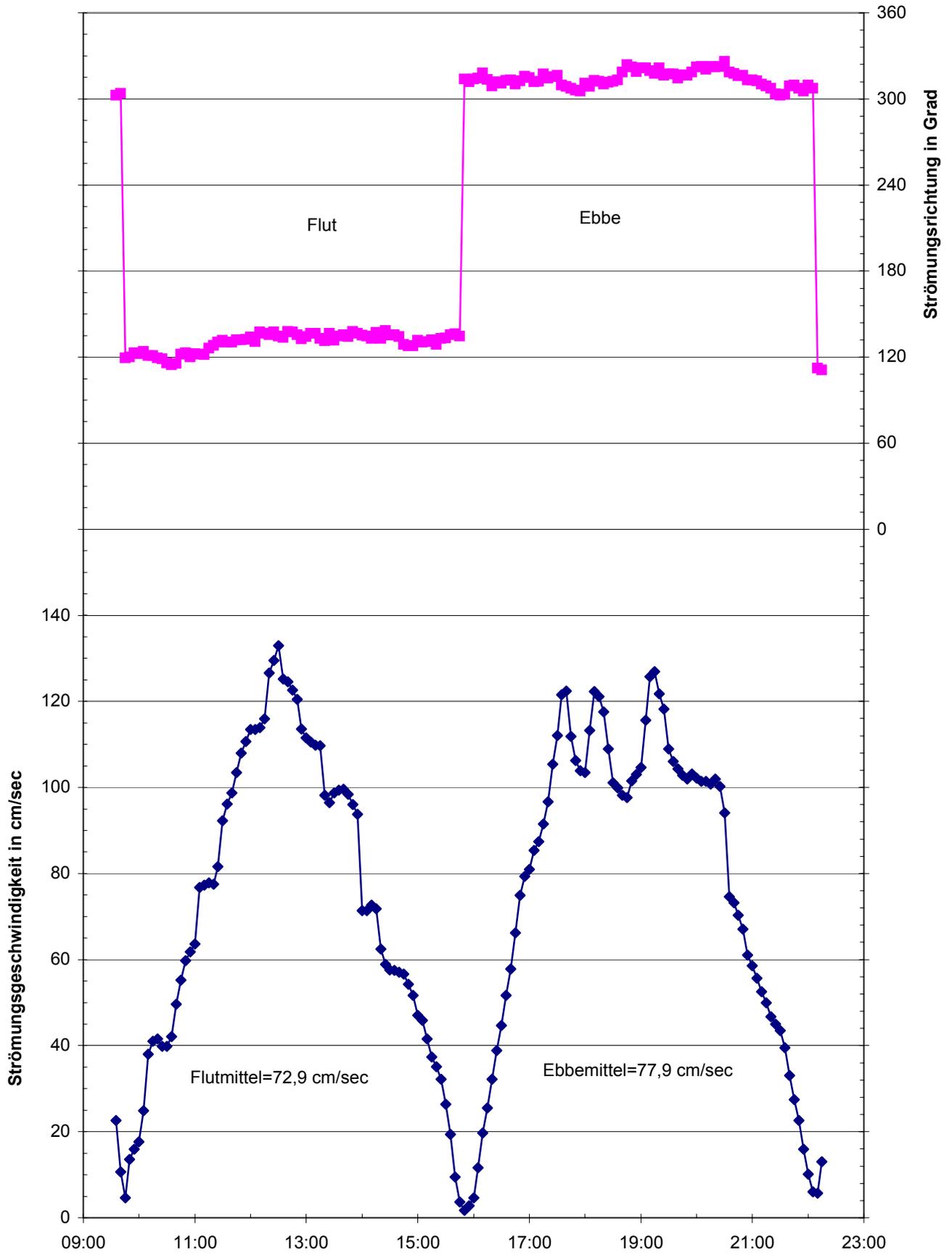
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



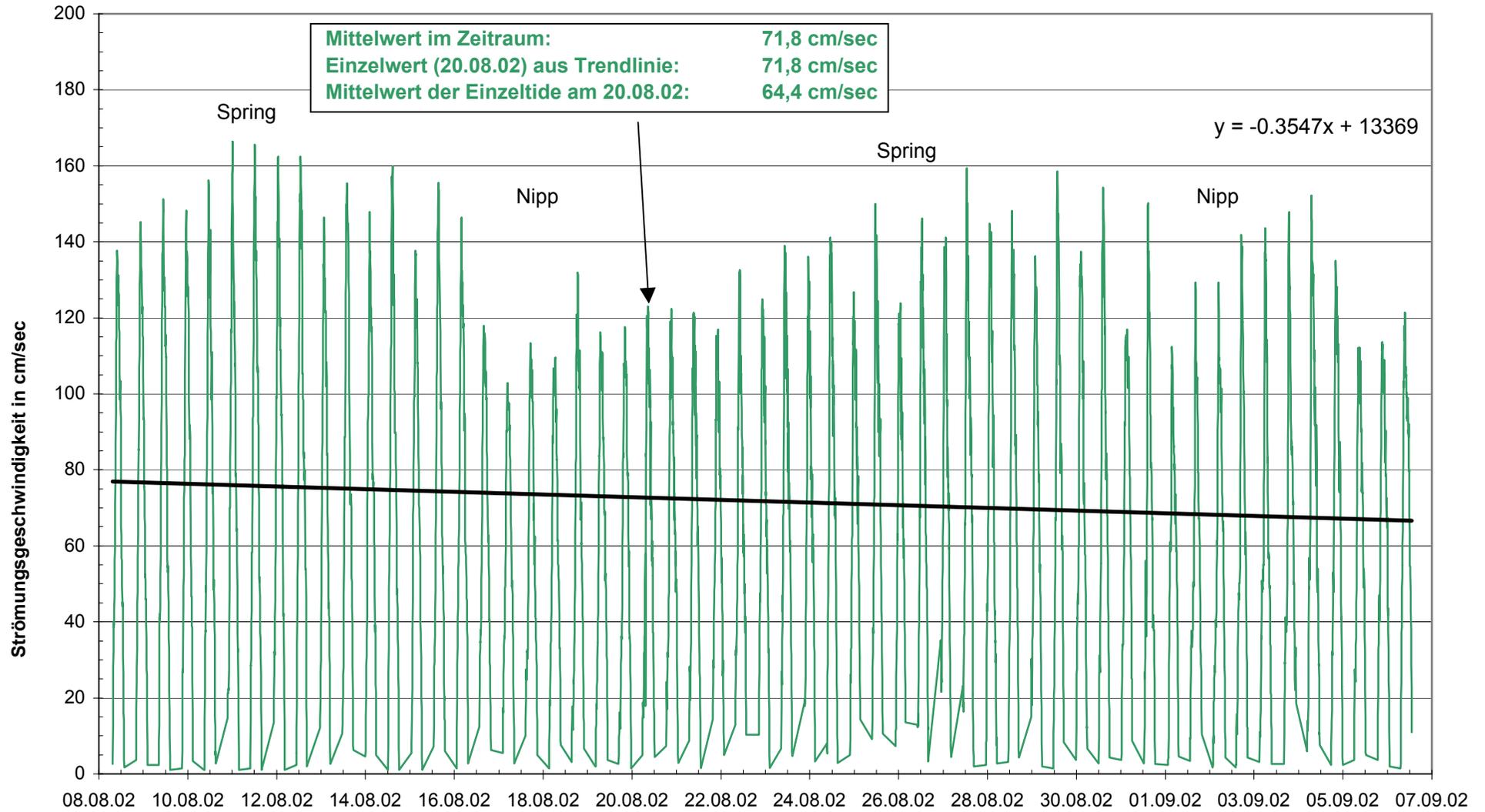
## Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



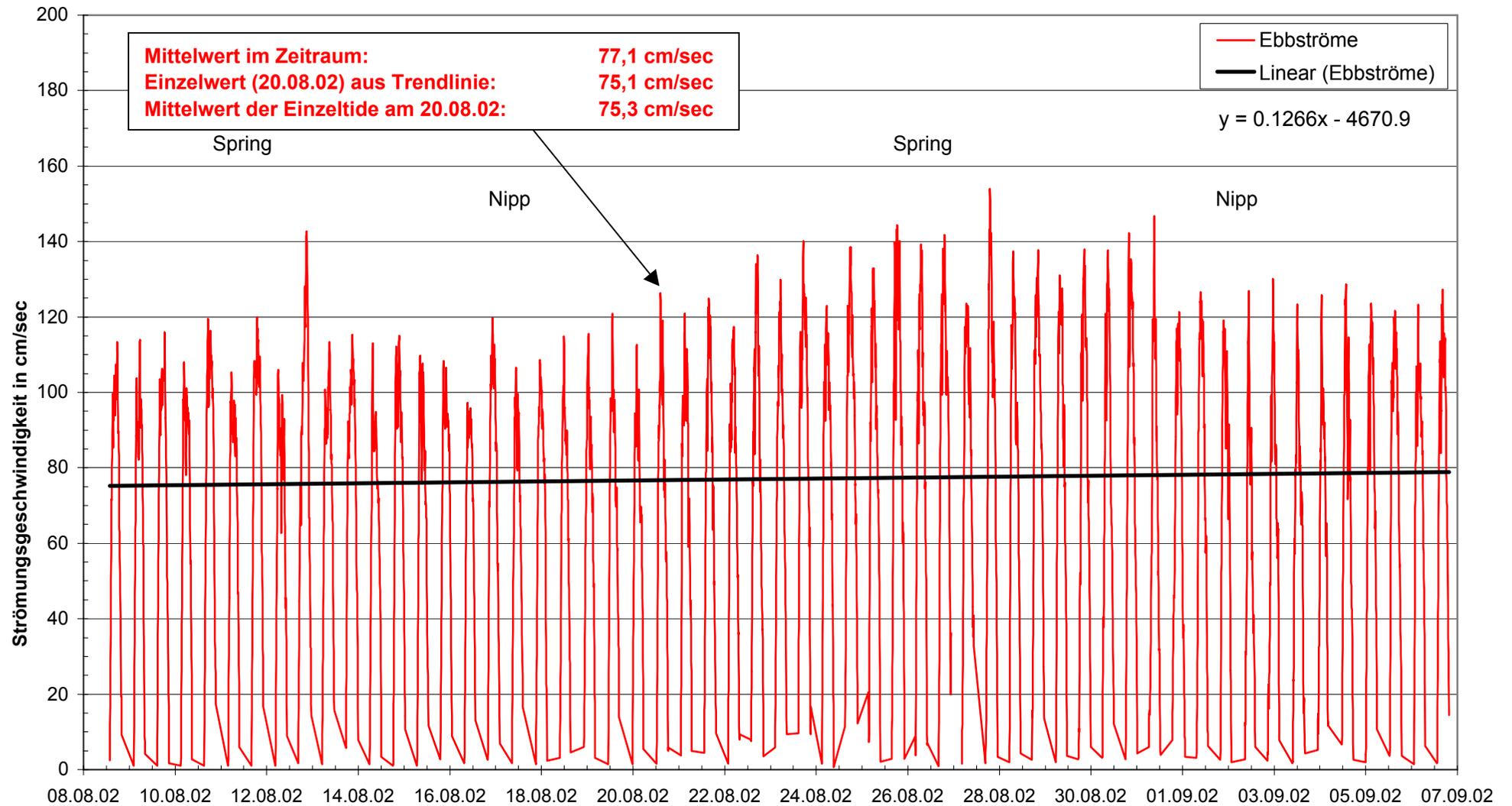
Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
 Strömungen am 15.05.02 Boden nah



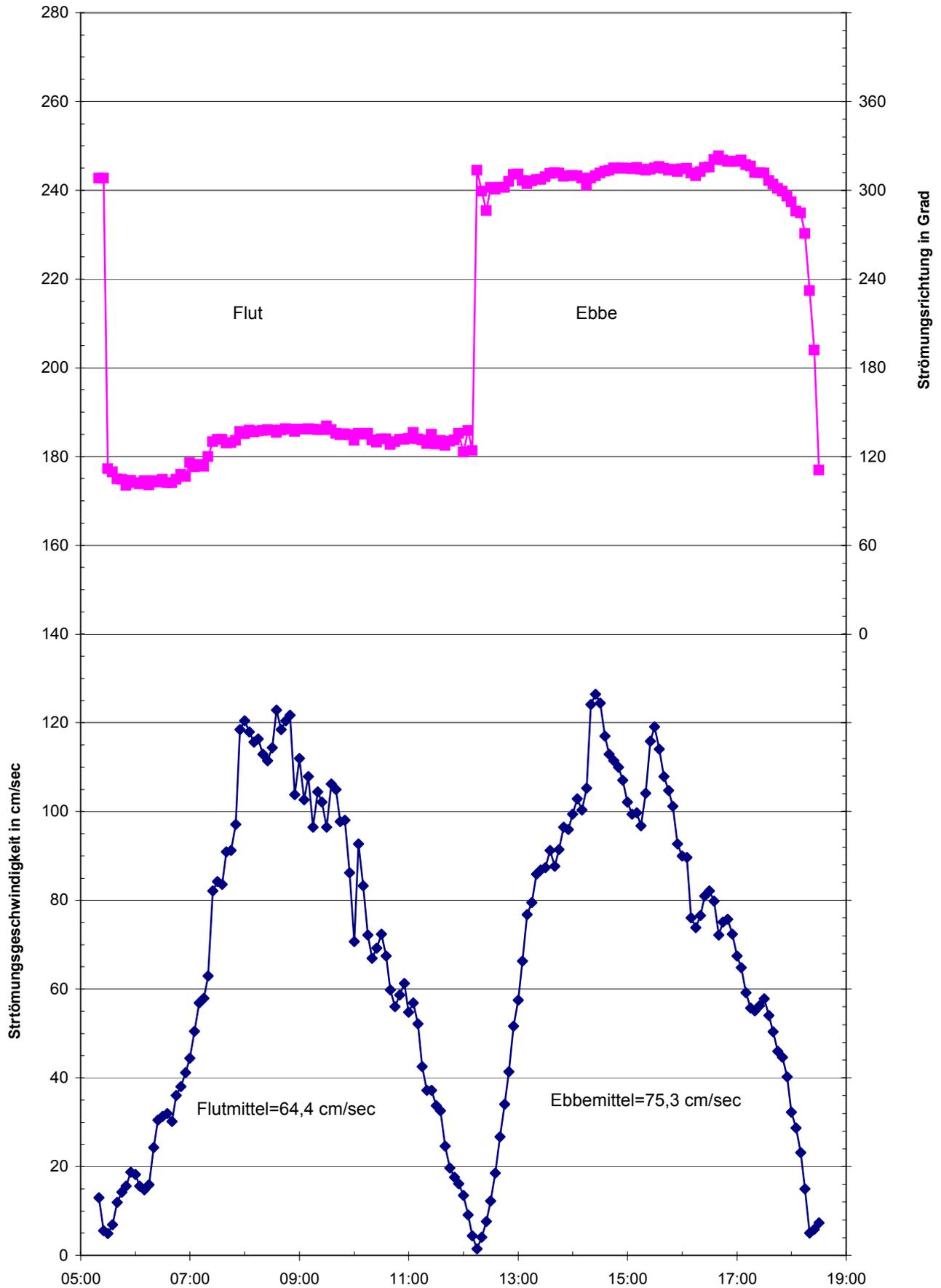
**Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmesstation LZ4 Spitzsand West**



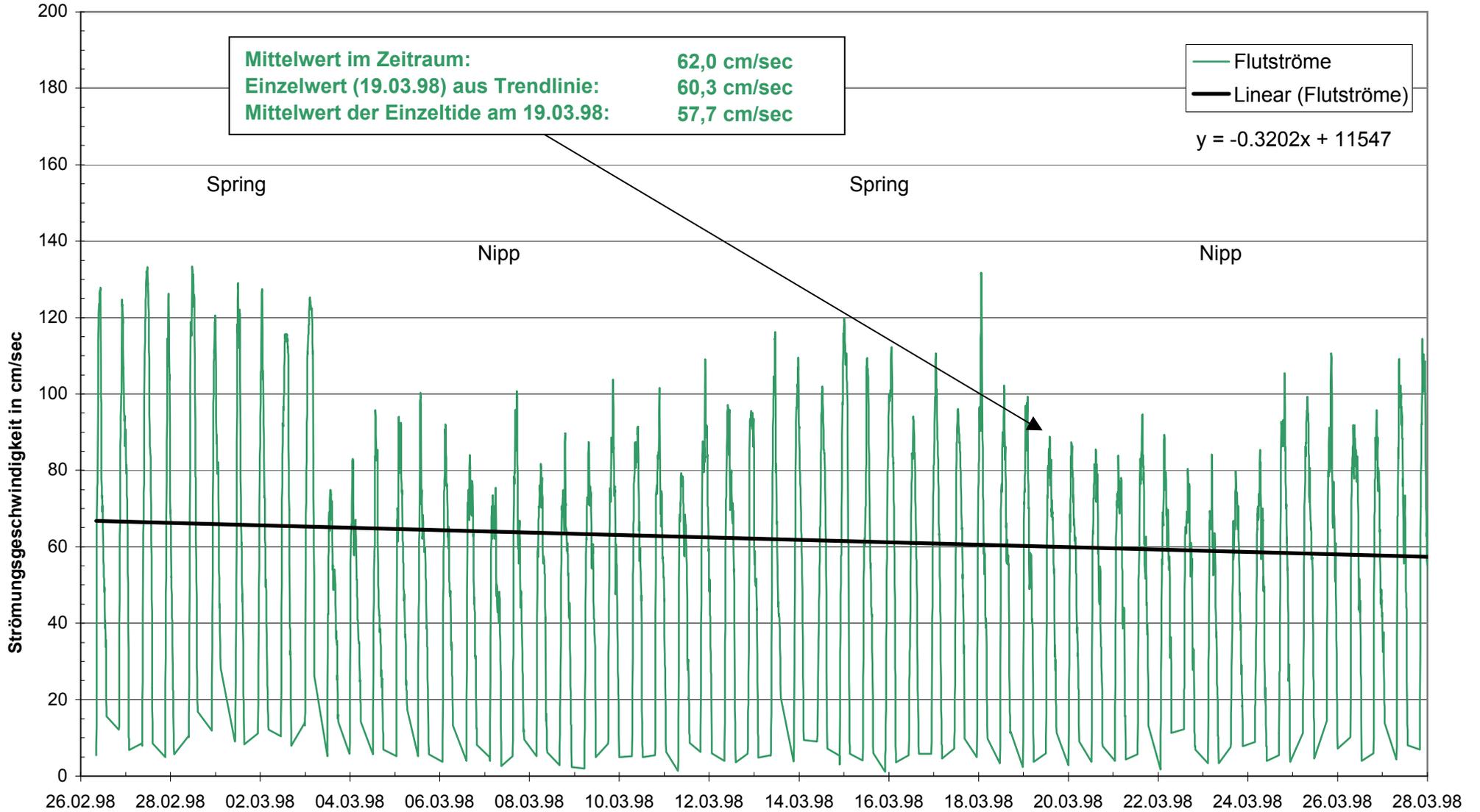
## Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West



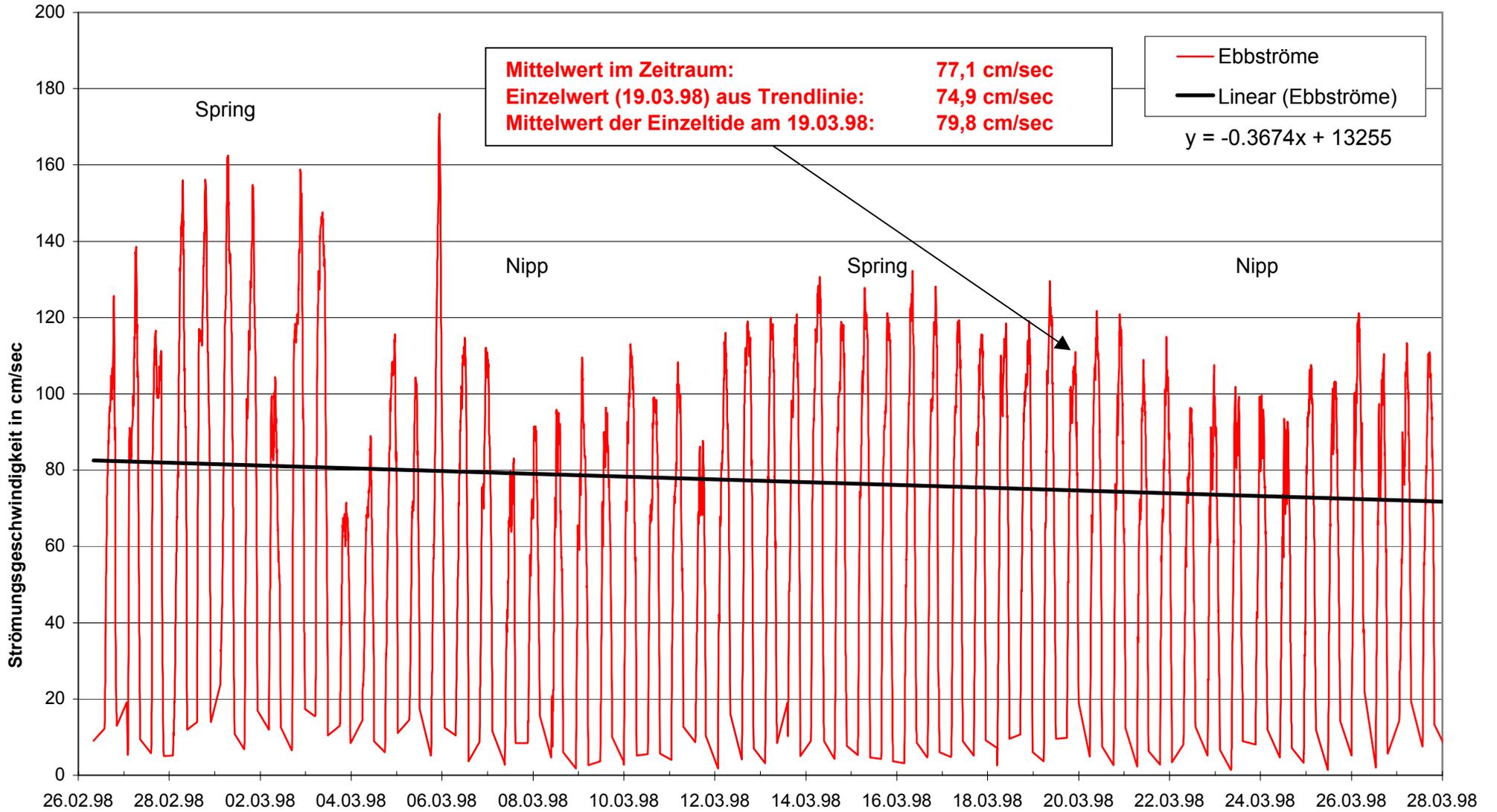
**Langzeitmessstation LZ4 Spitzsand West  
Strömungen am 20.08.2002 Boden nah**



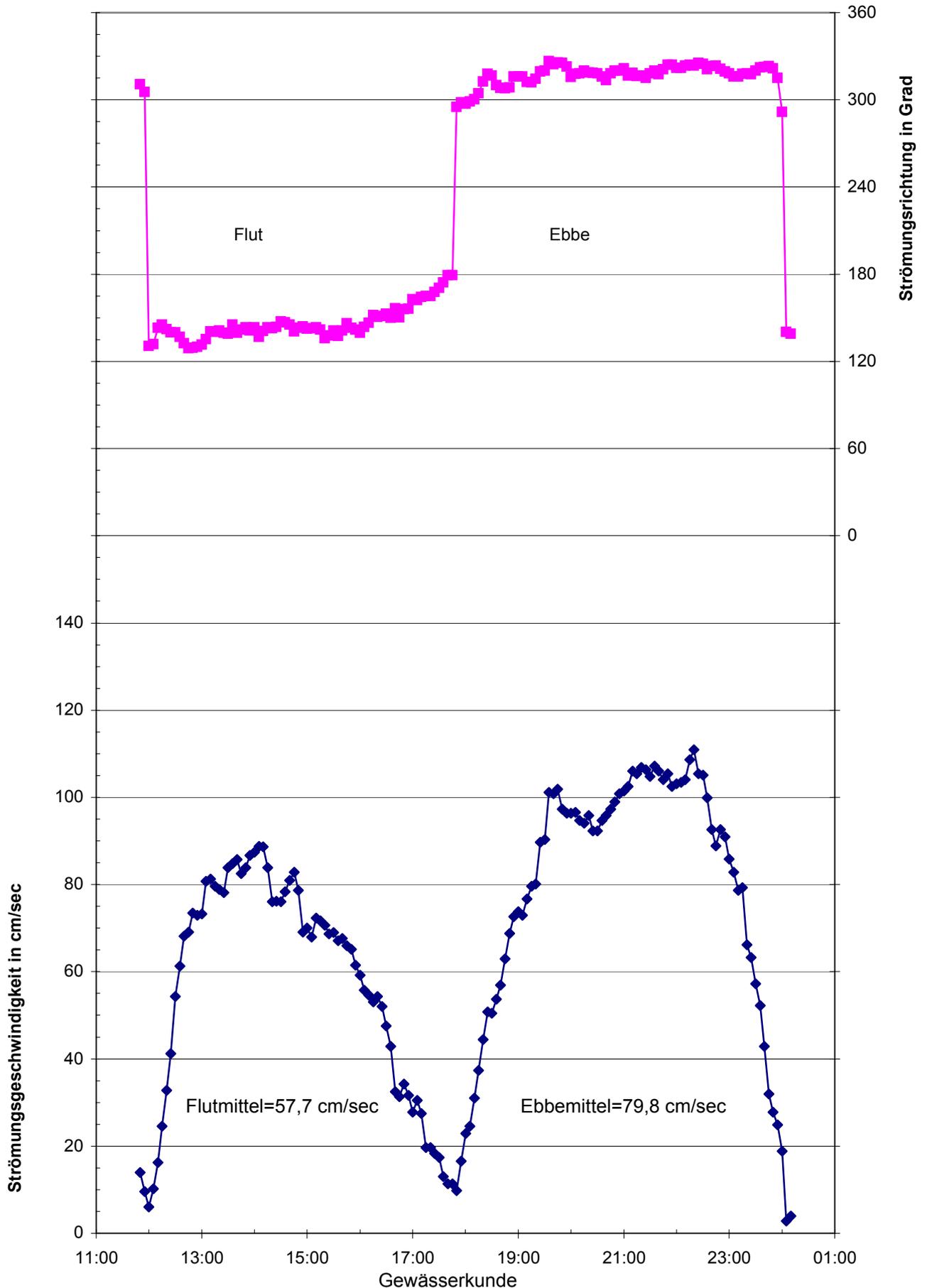
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



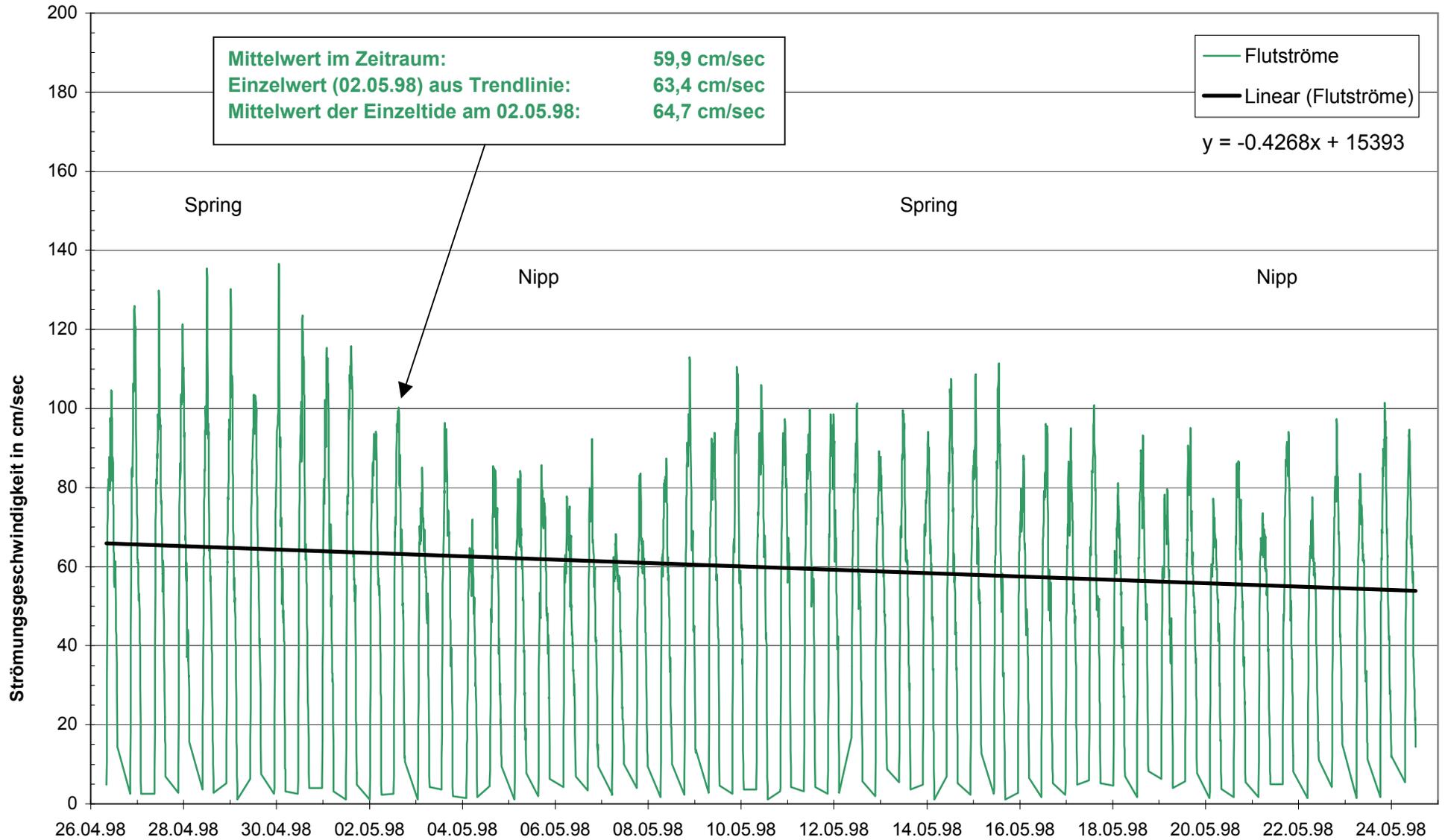
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ4b Steinriff**



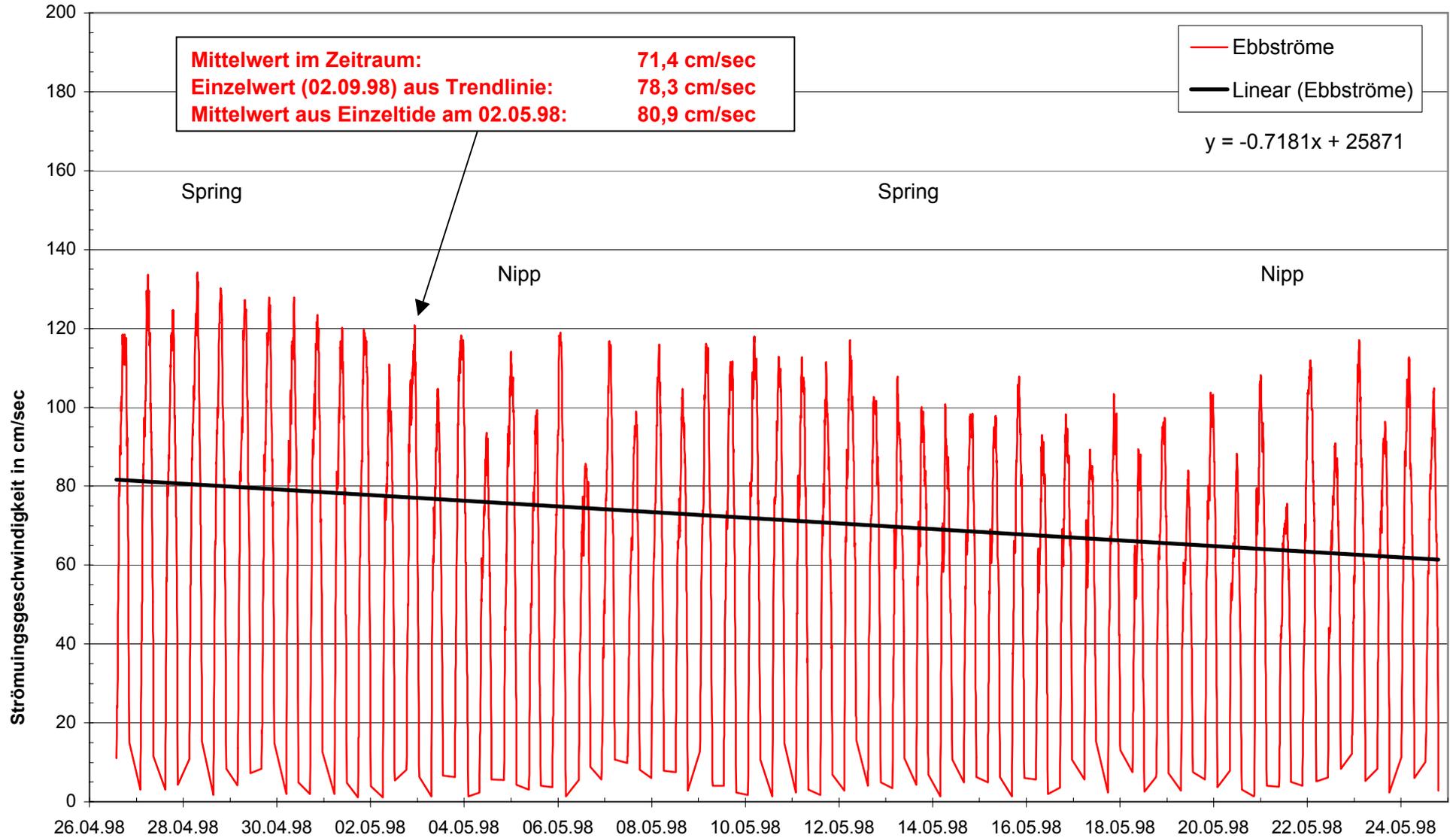
**Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
Strömungen am 19.03.98 Boden nah**



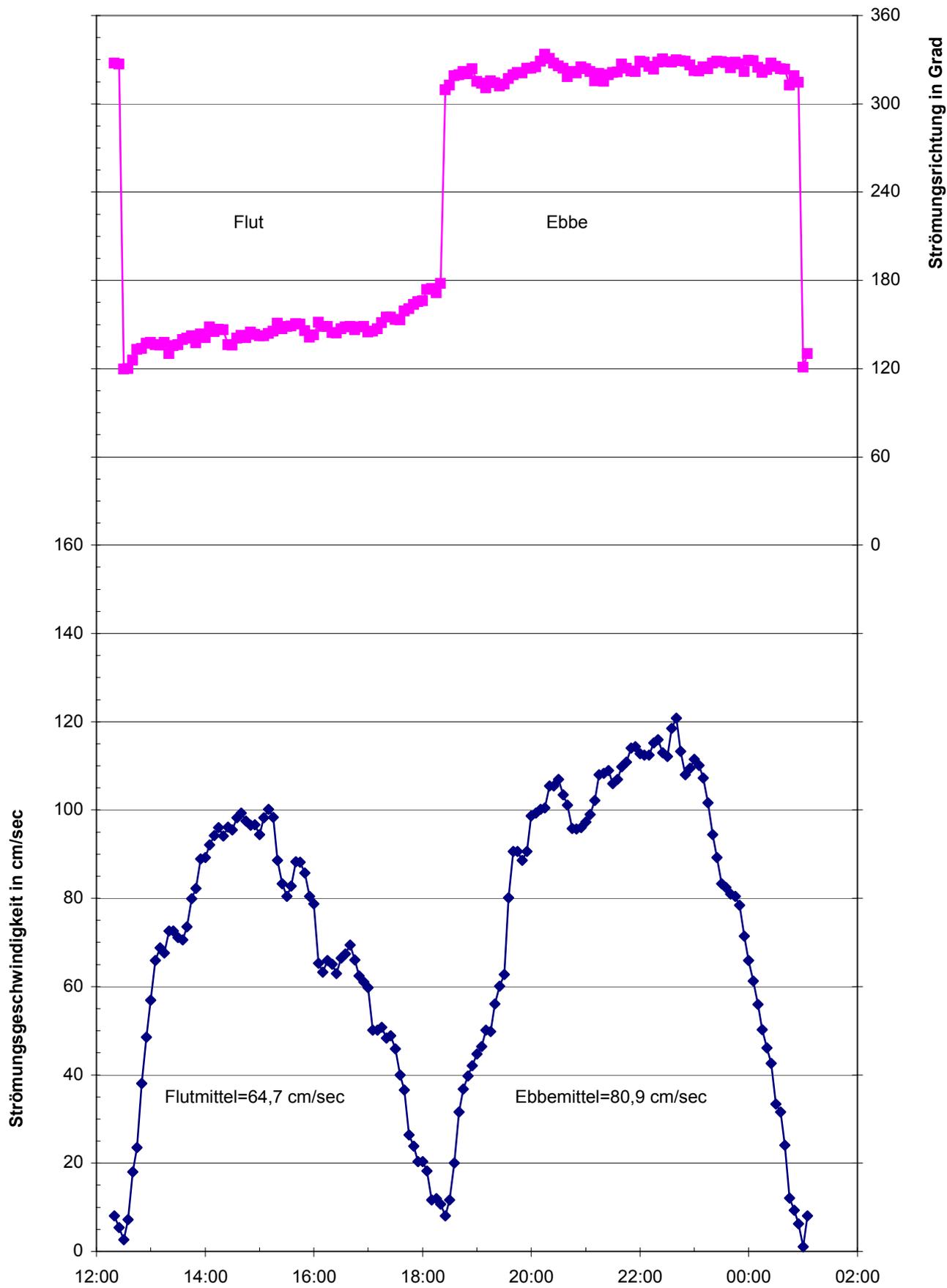
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Dauermessstation LZ4b Steinriff



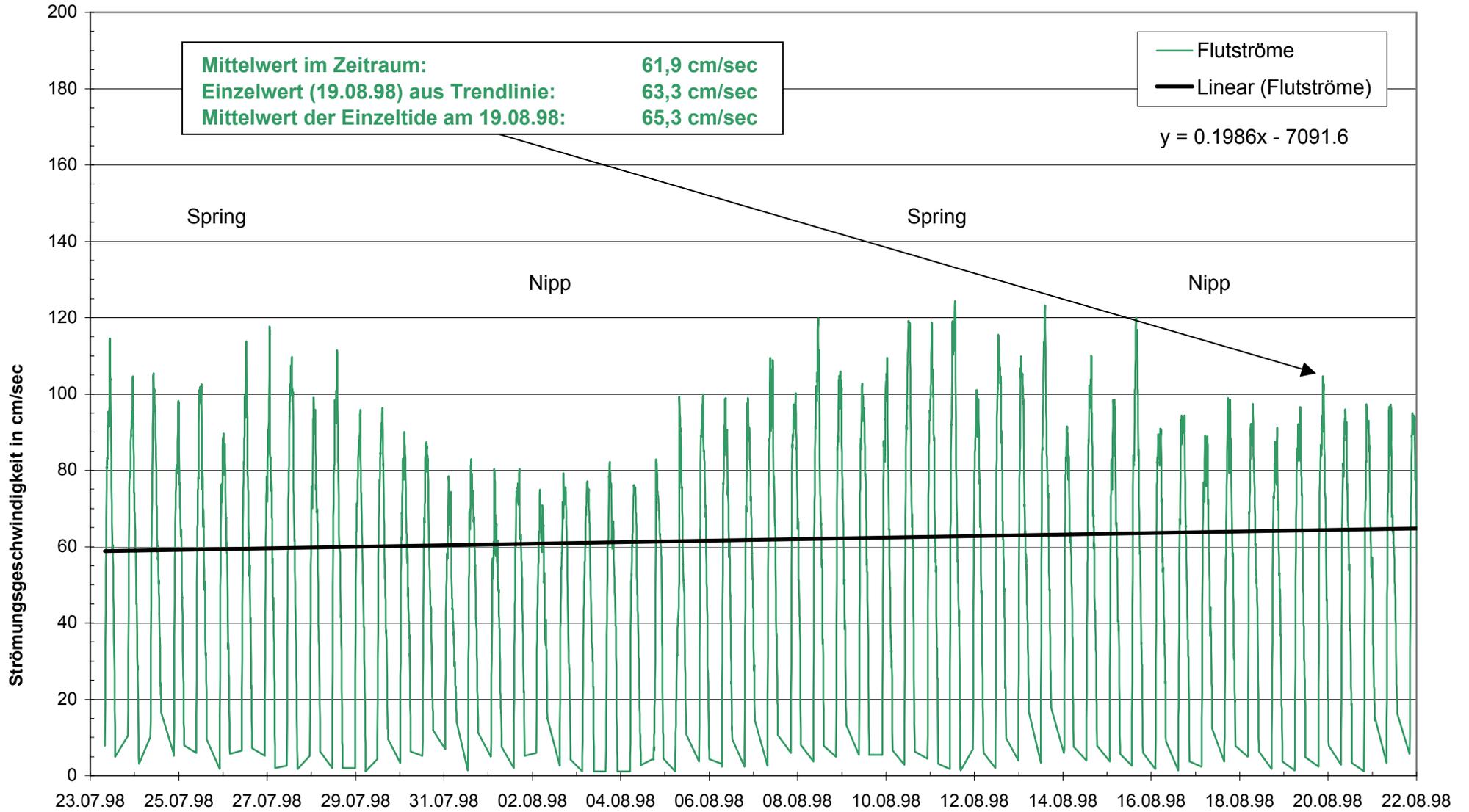
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



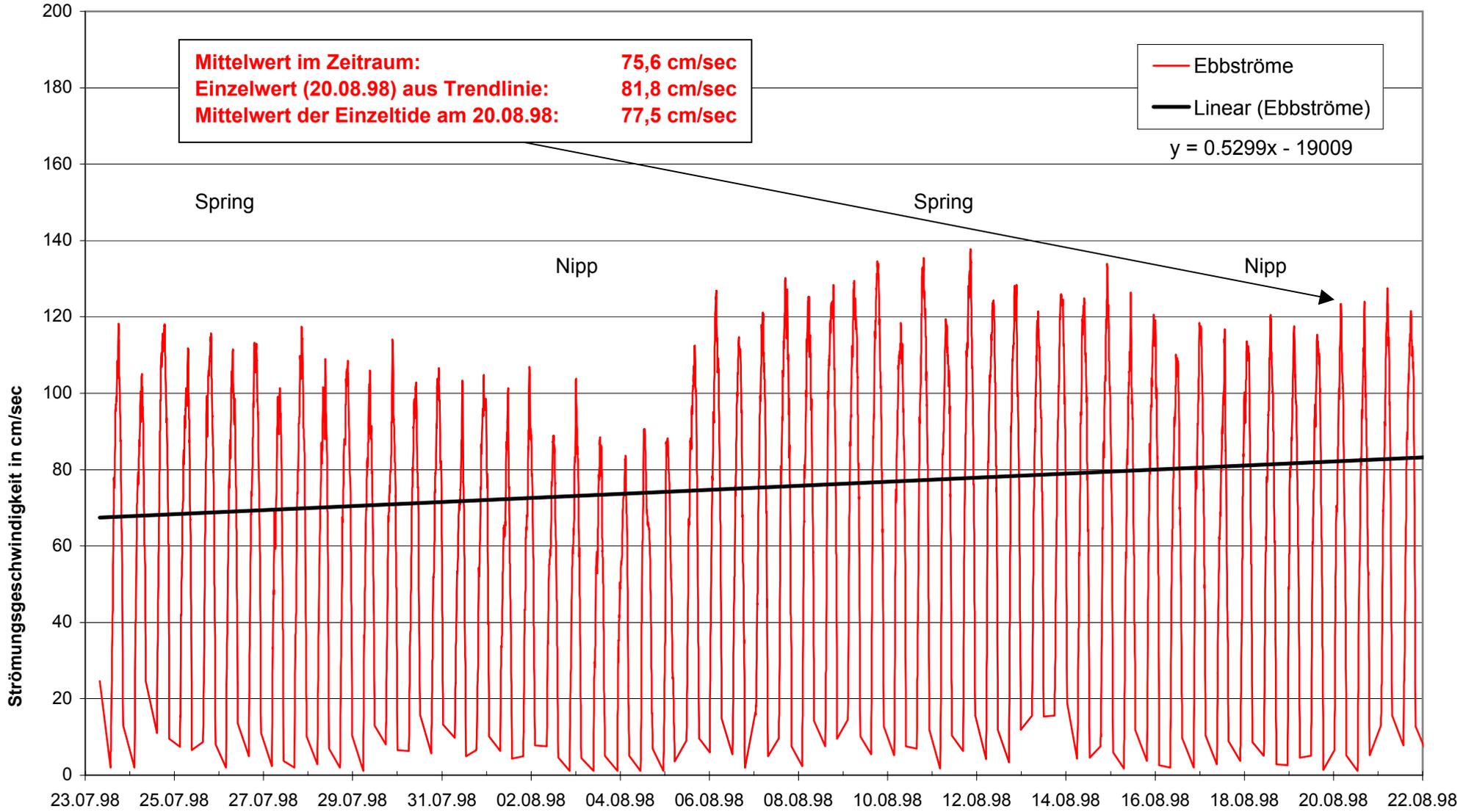
Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
 Strömungen am 02.05.98 Boden nah



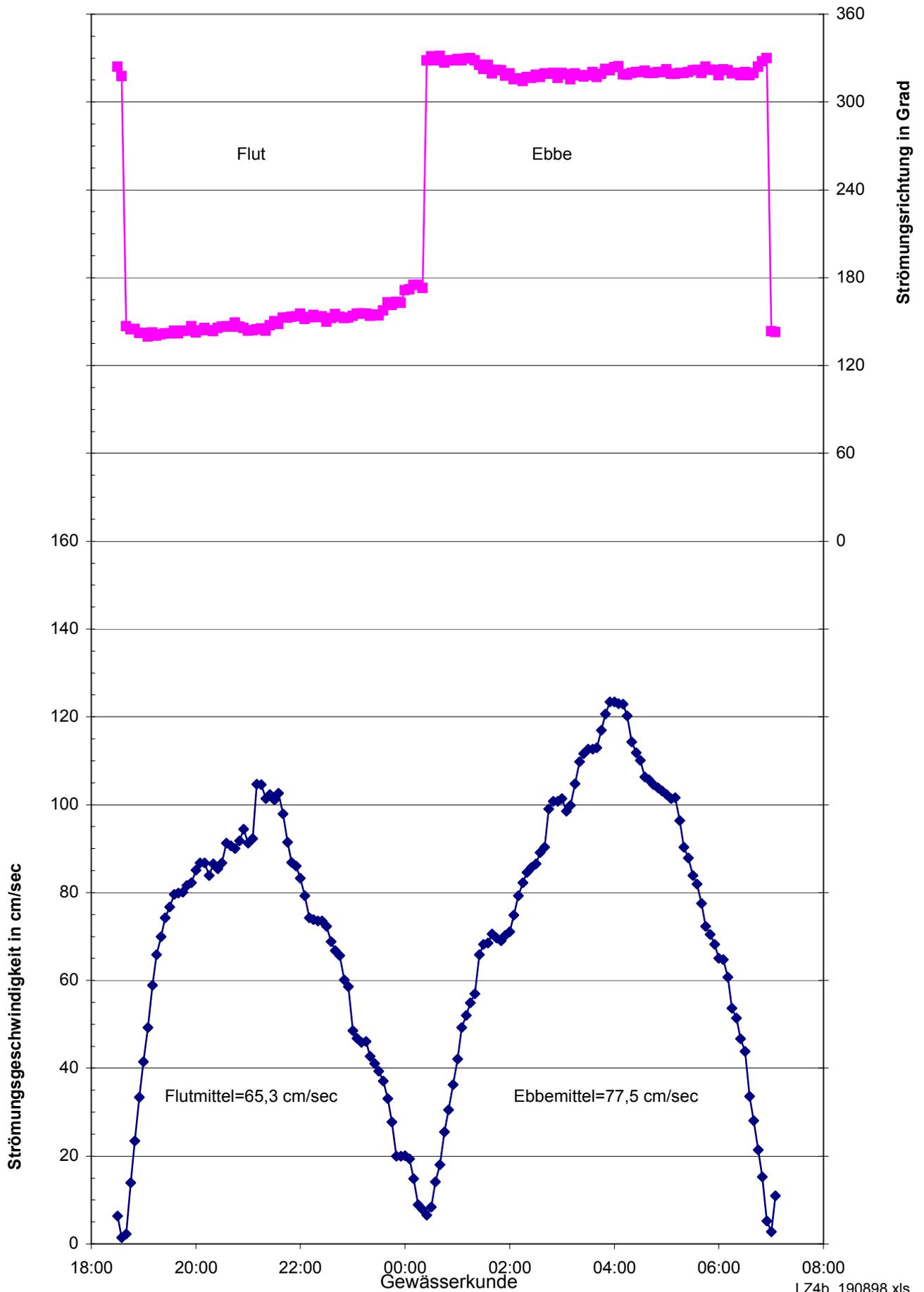
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



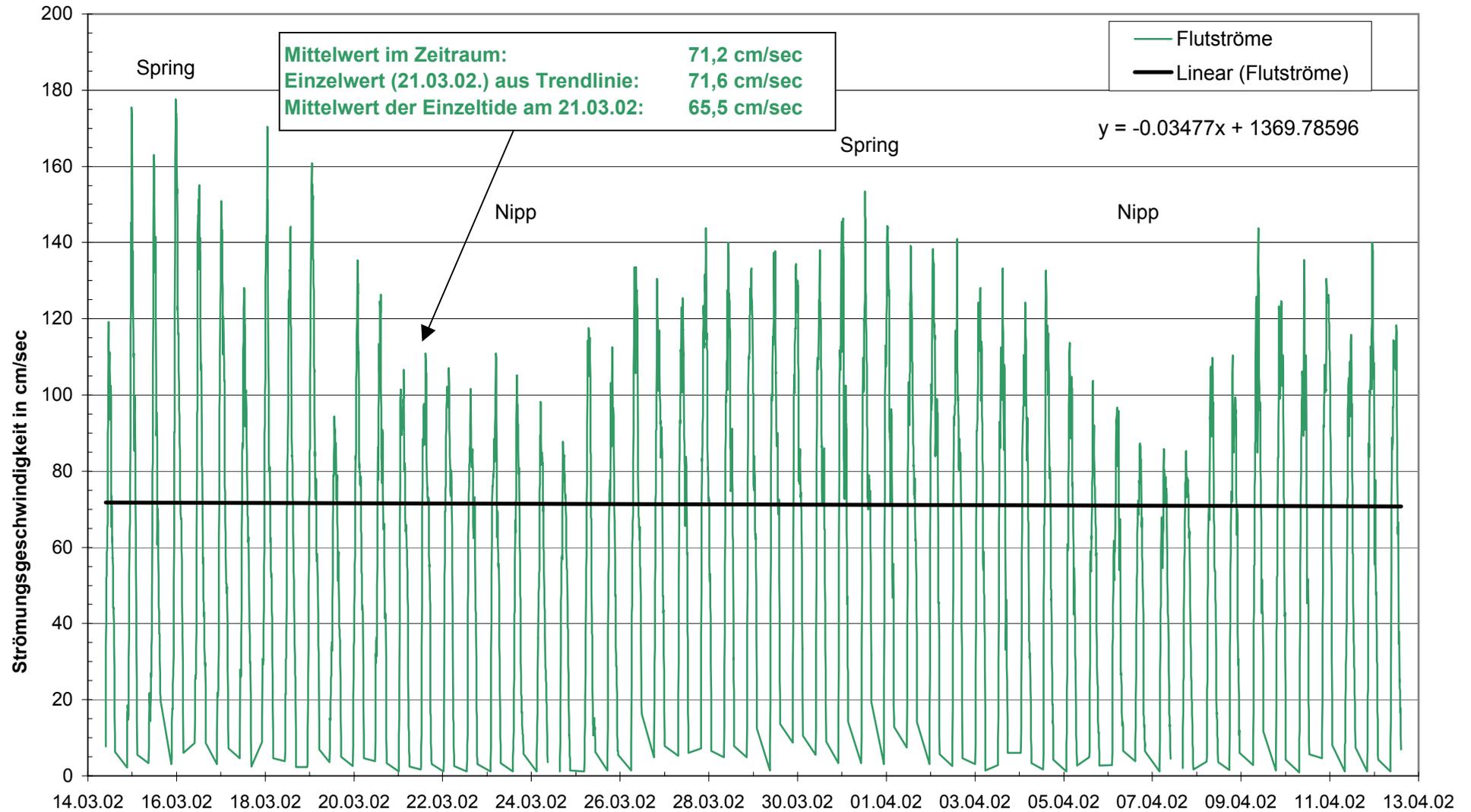
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



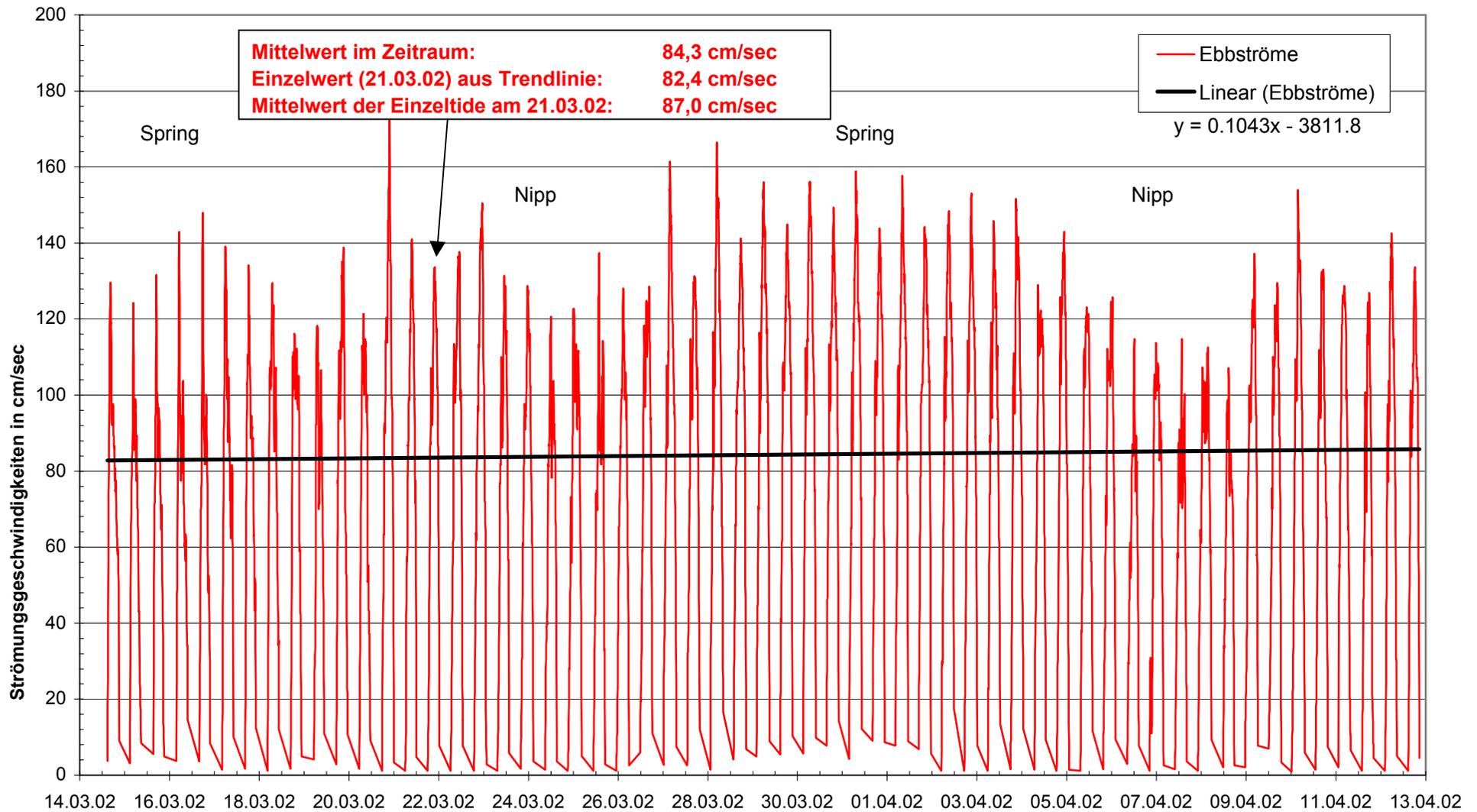
**Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
Strömungen am 19./20.08.98 Boden nah**



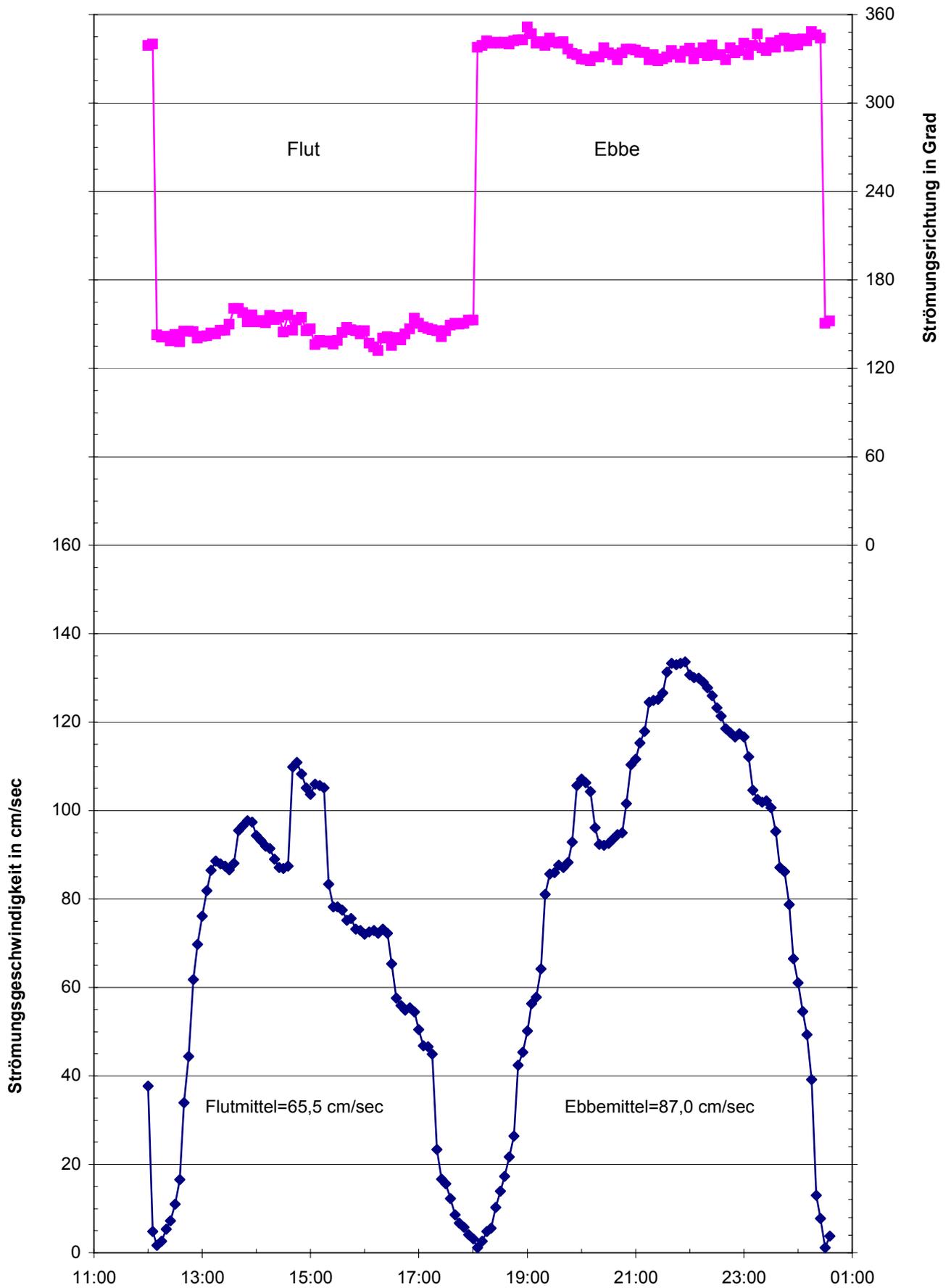
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



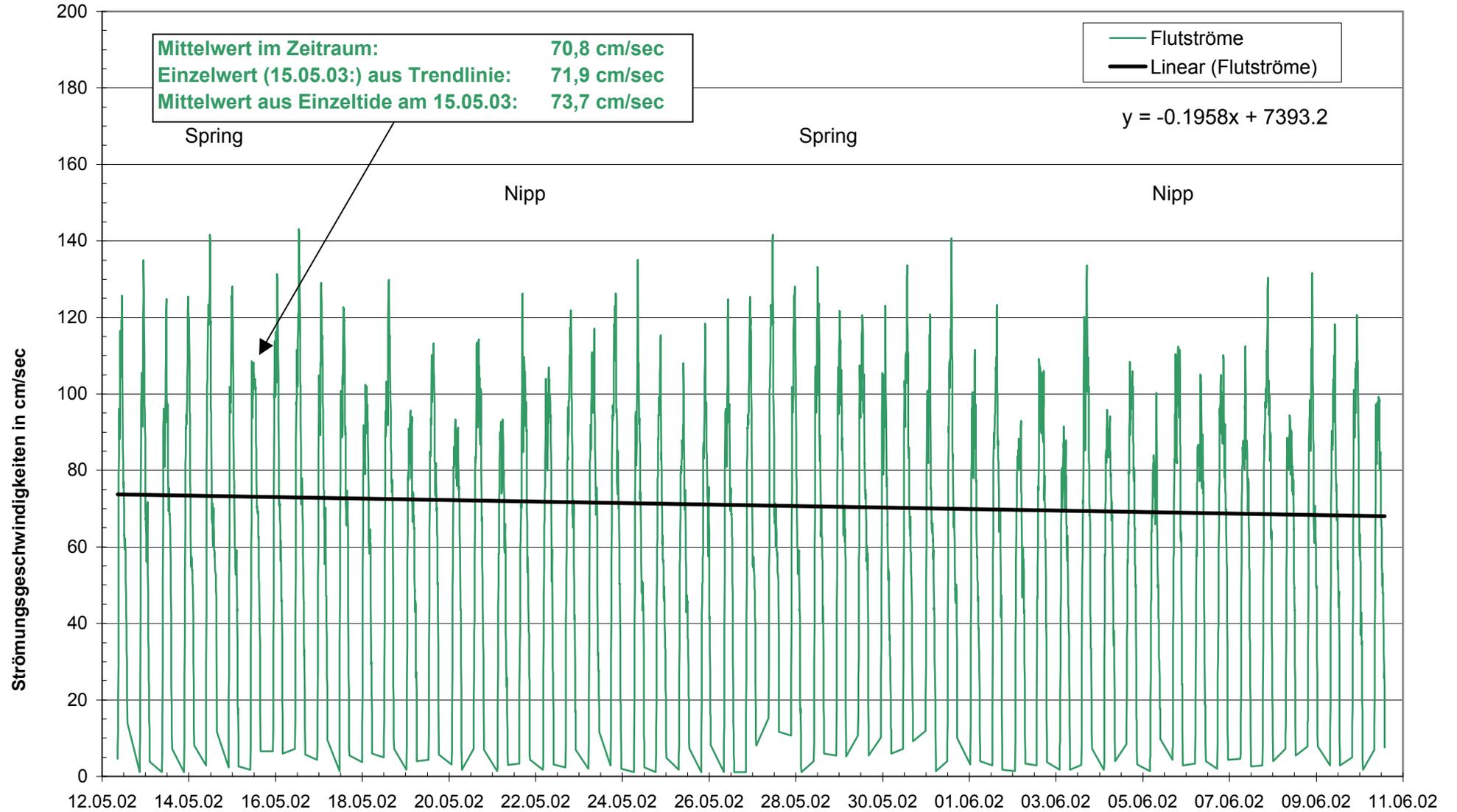
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



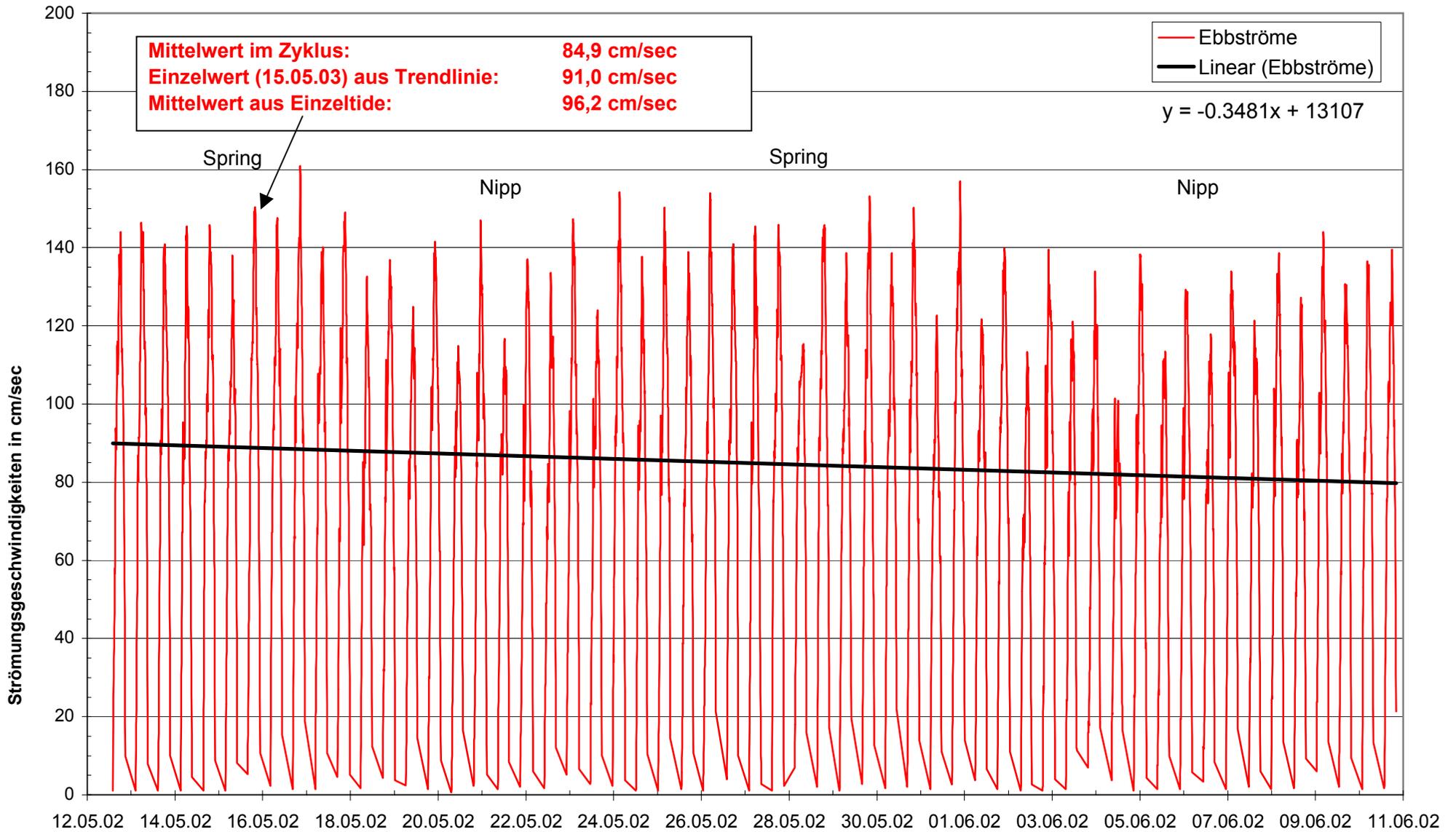
Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
 Strömungen am 21./22.03.2002 Boden nah



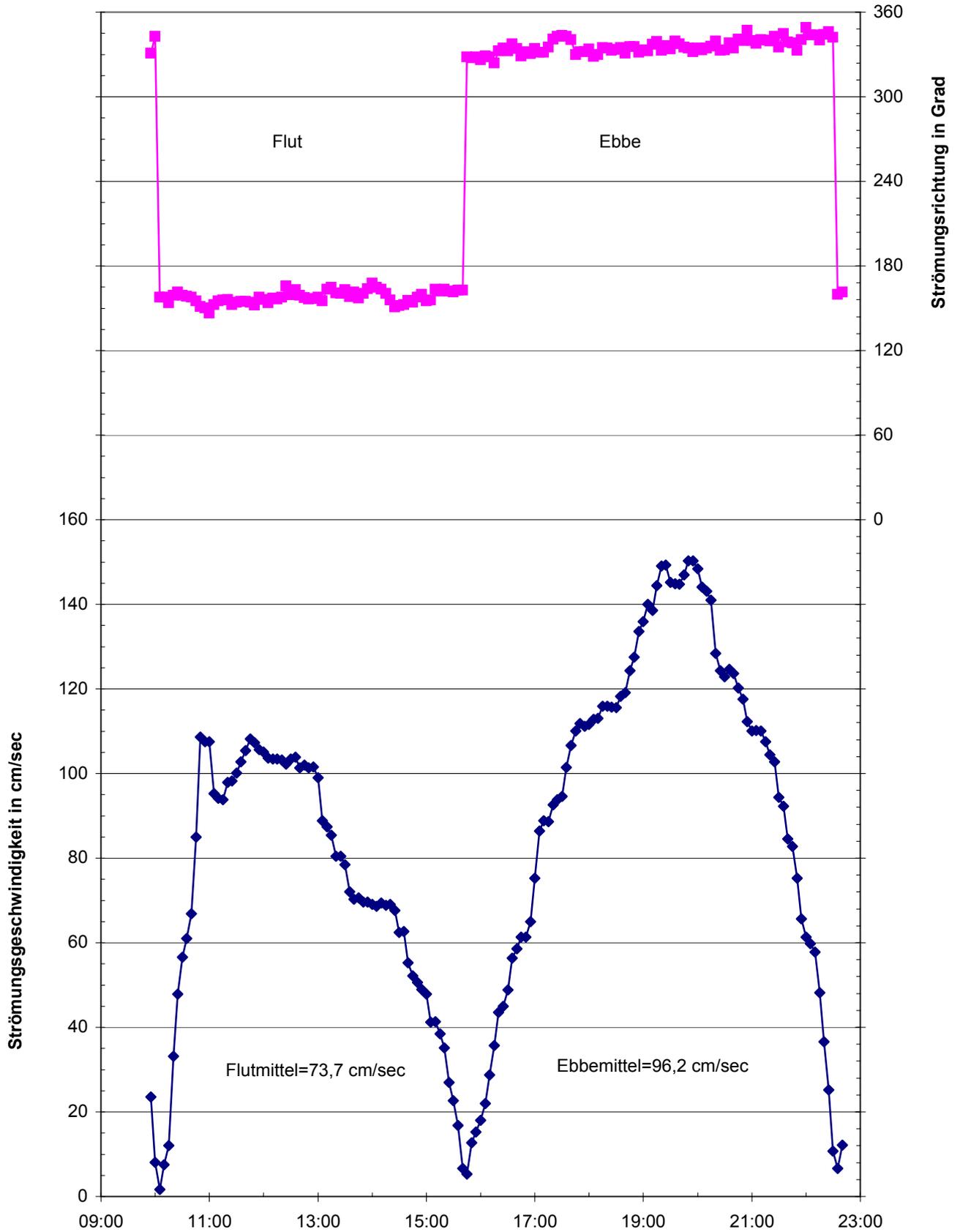
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



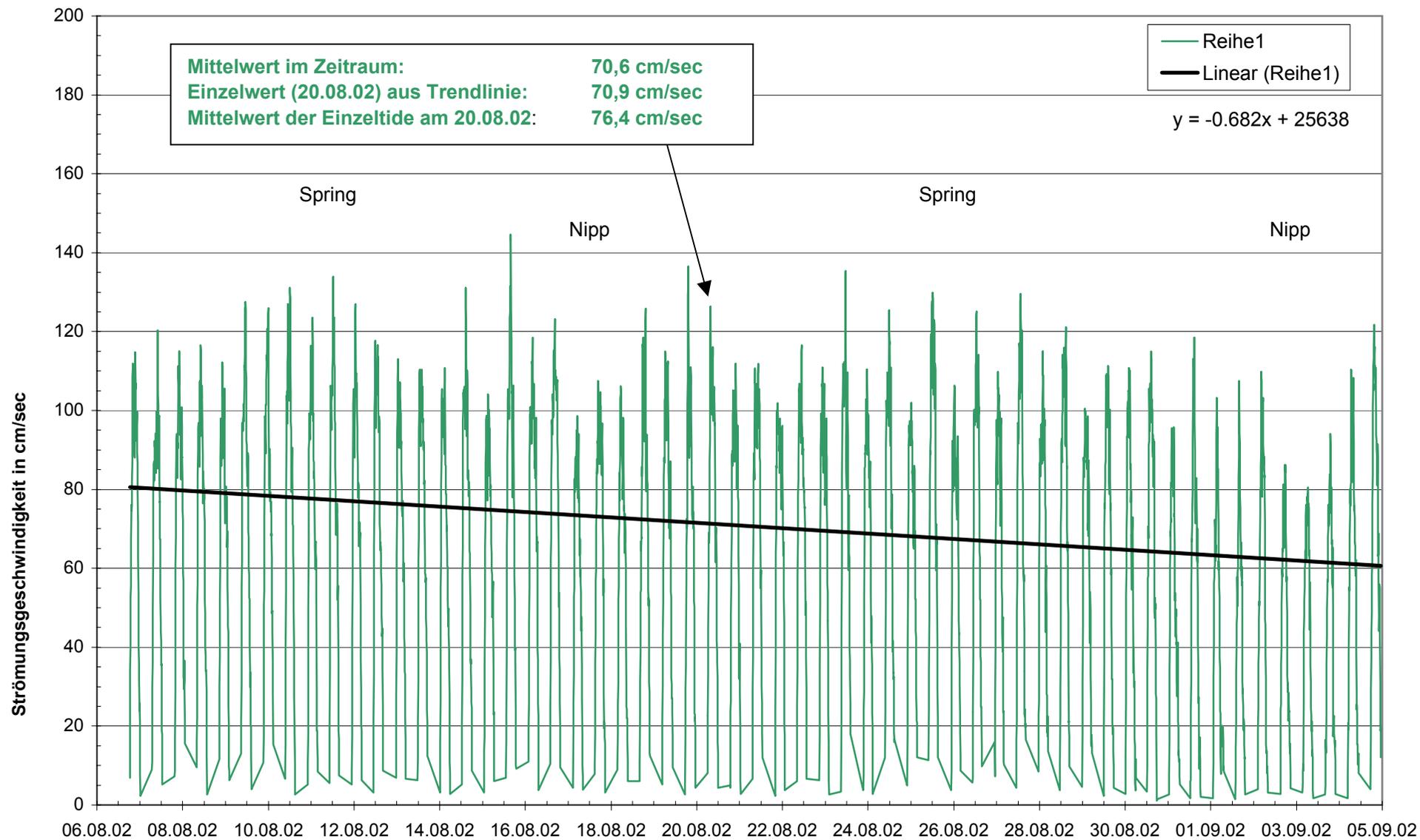
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



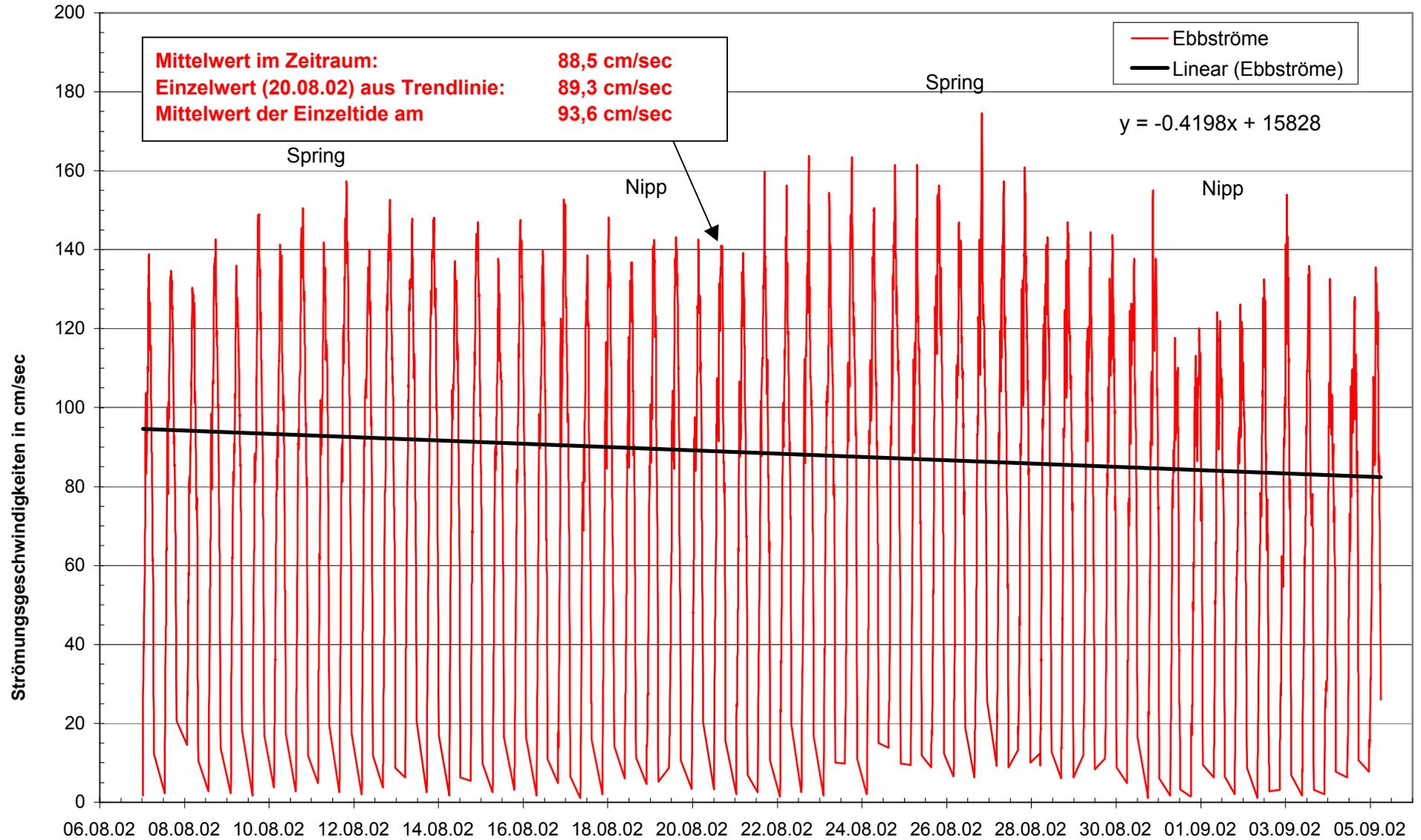
Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
 Strömungen am 15.05.02 Boden nah



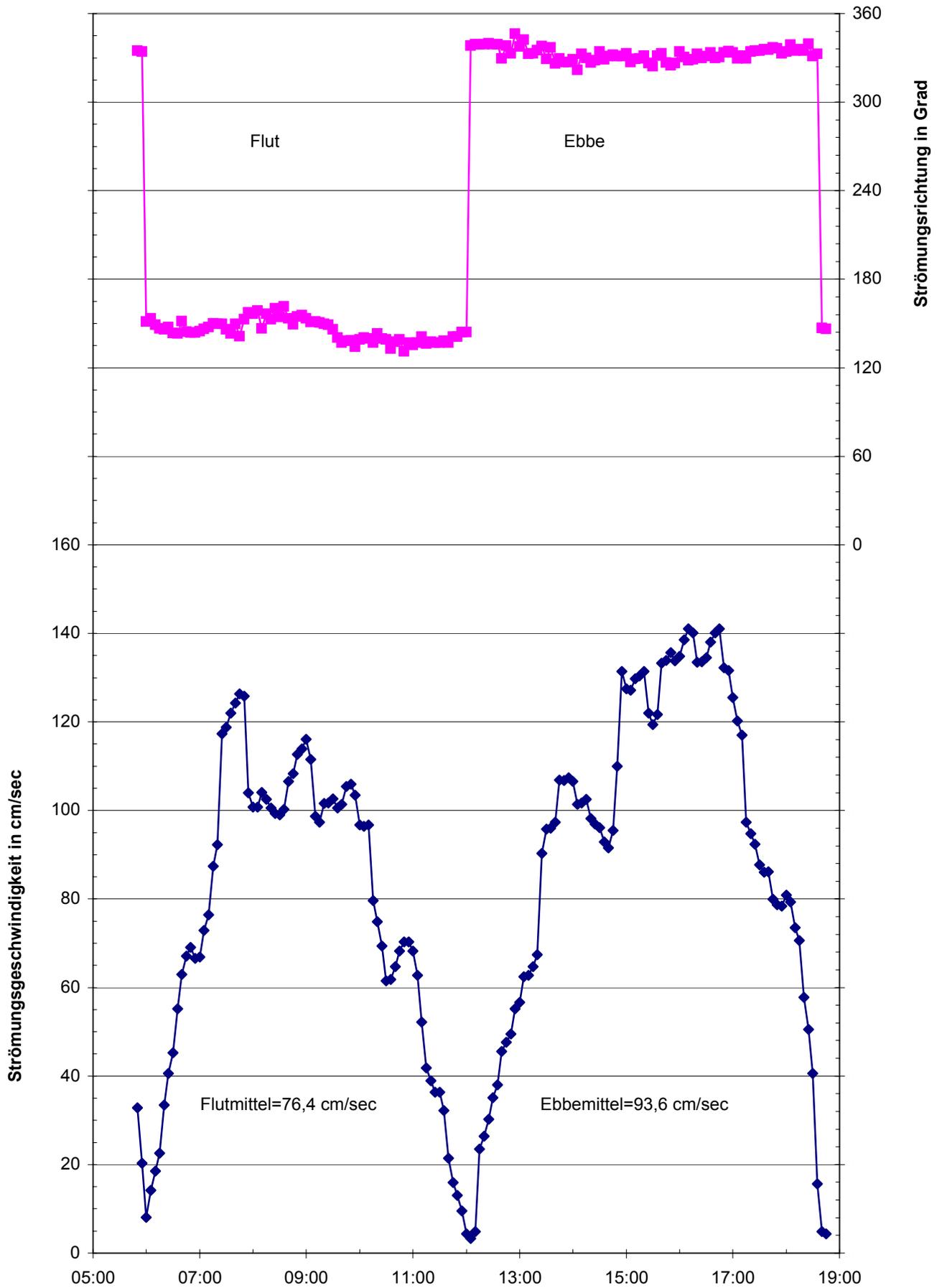
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



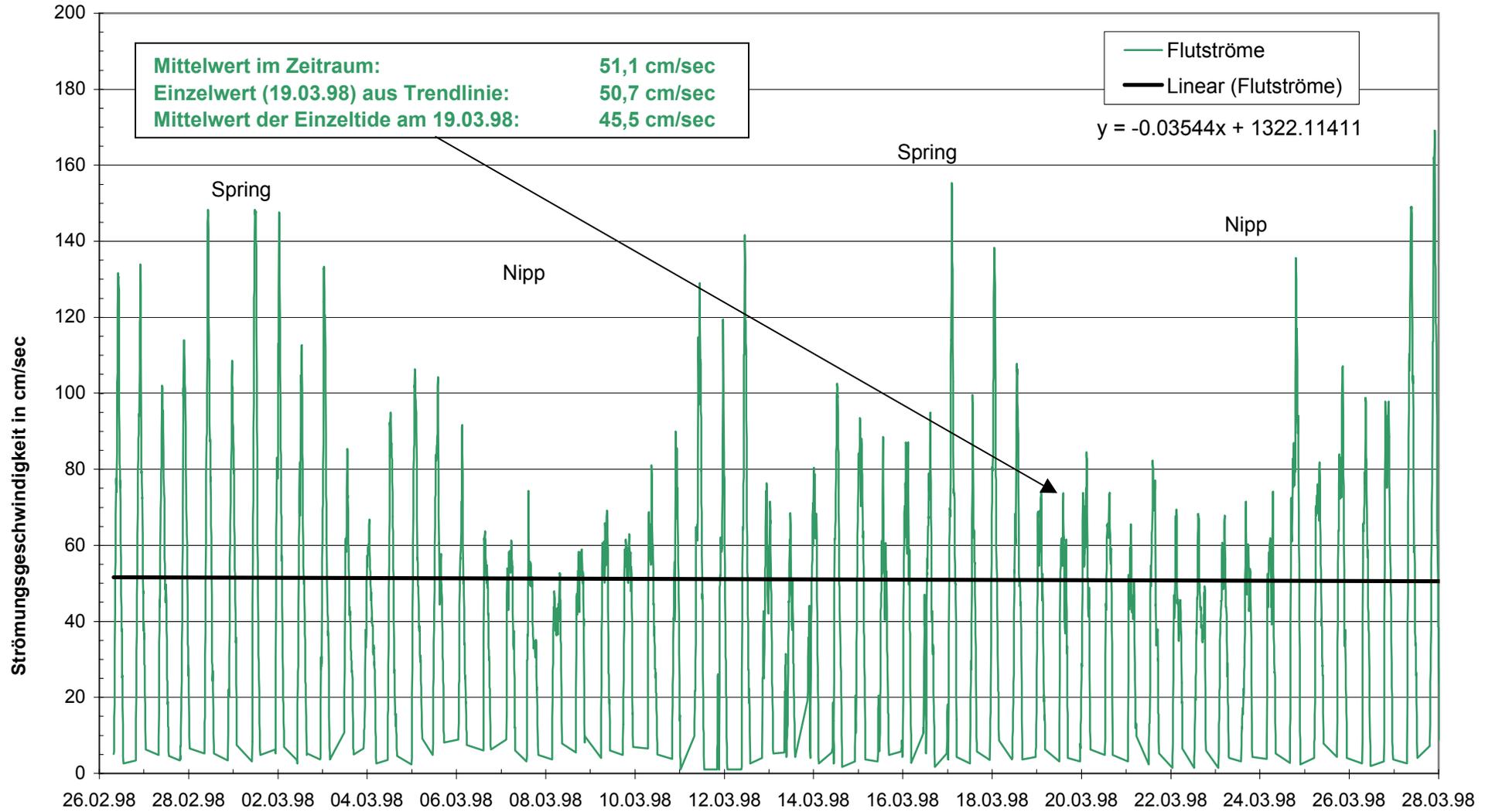
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ4b Steinriff



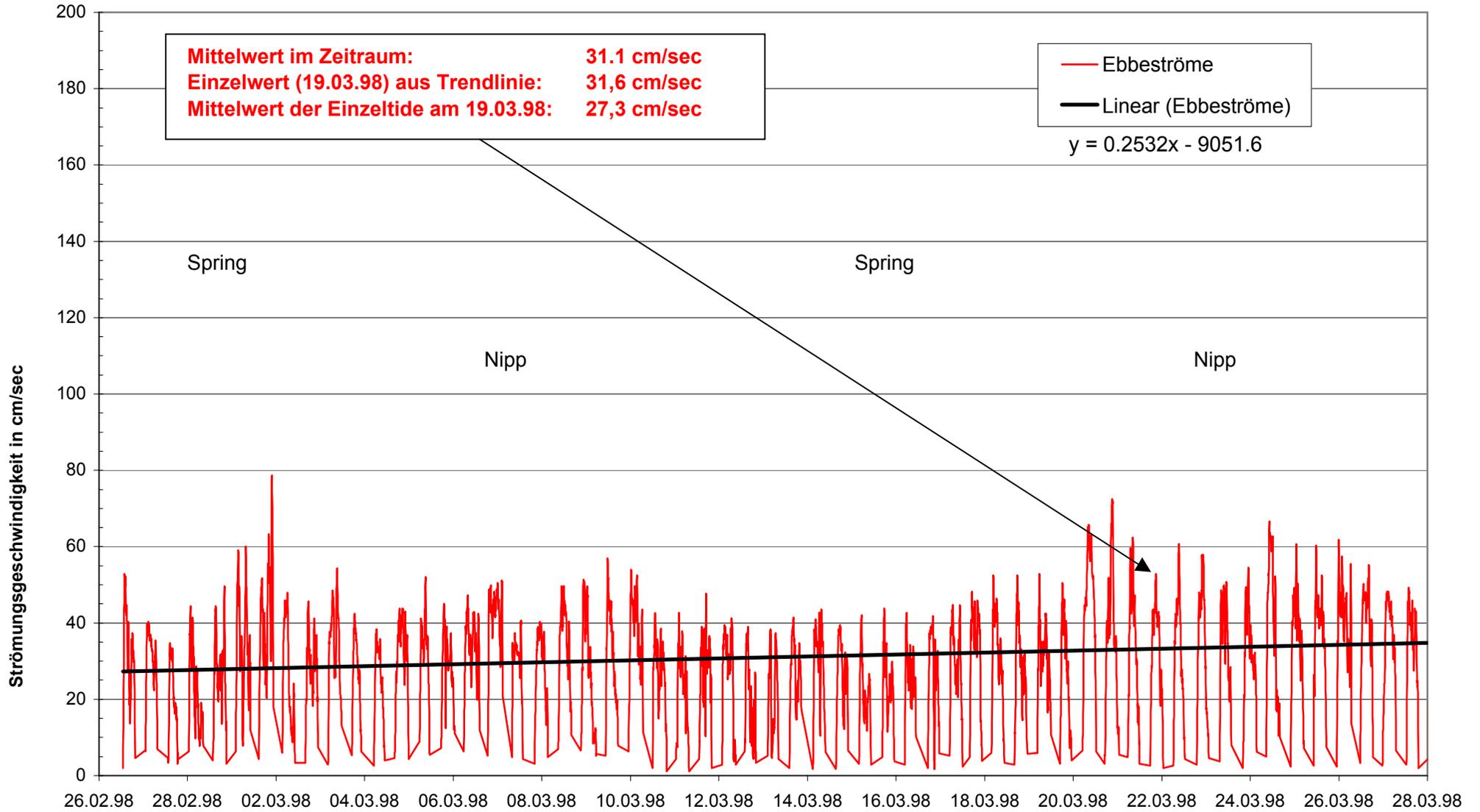
Langzeitmessstation LZ4b Steinriff  
 Strömungen am 20.08.2002 Boden nah



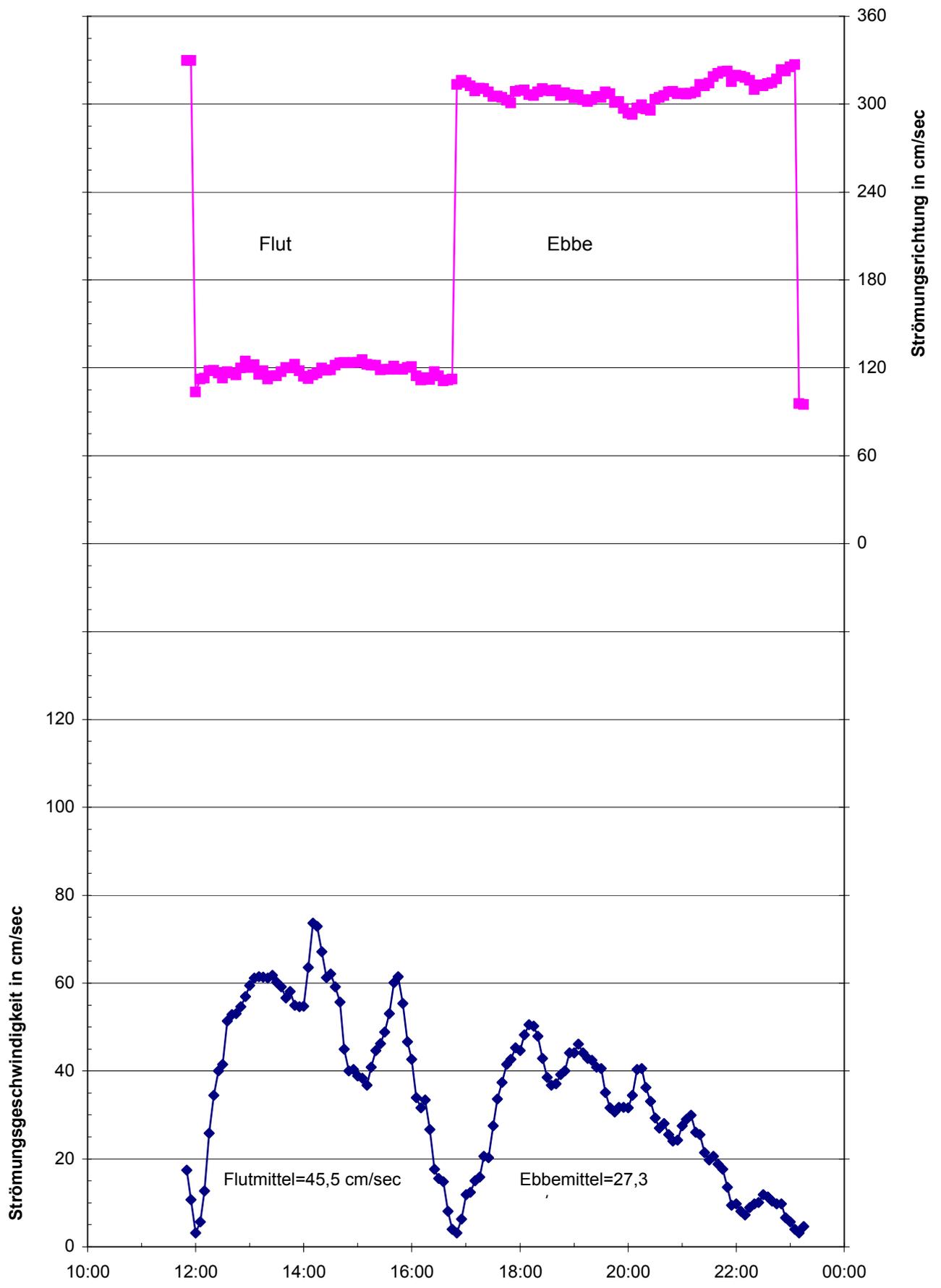
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn



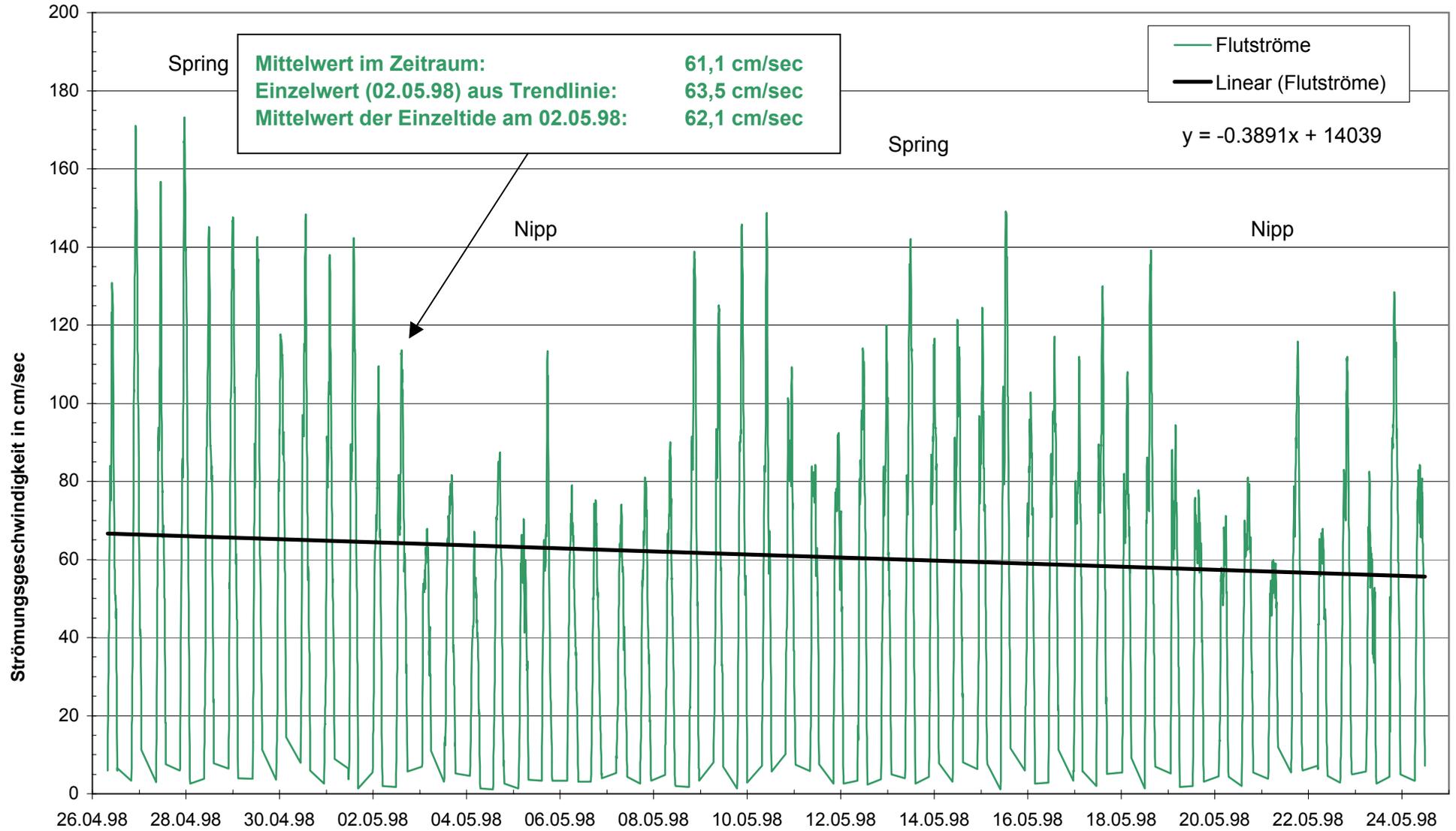
**Ebbestromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn**



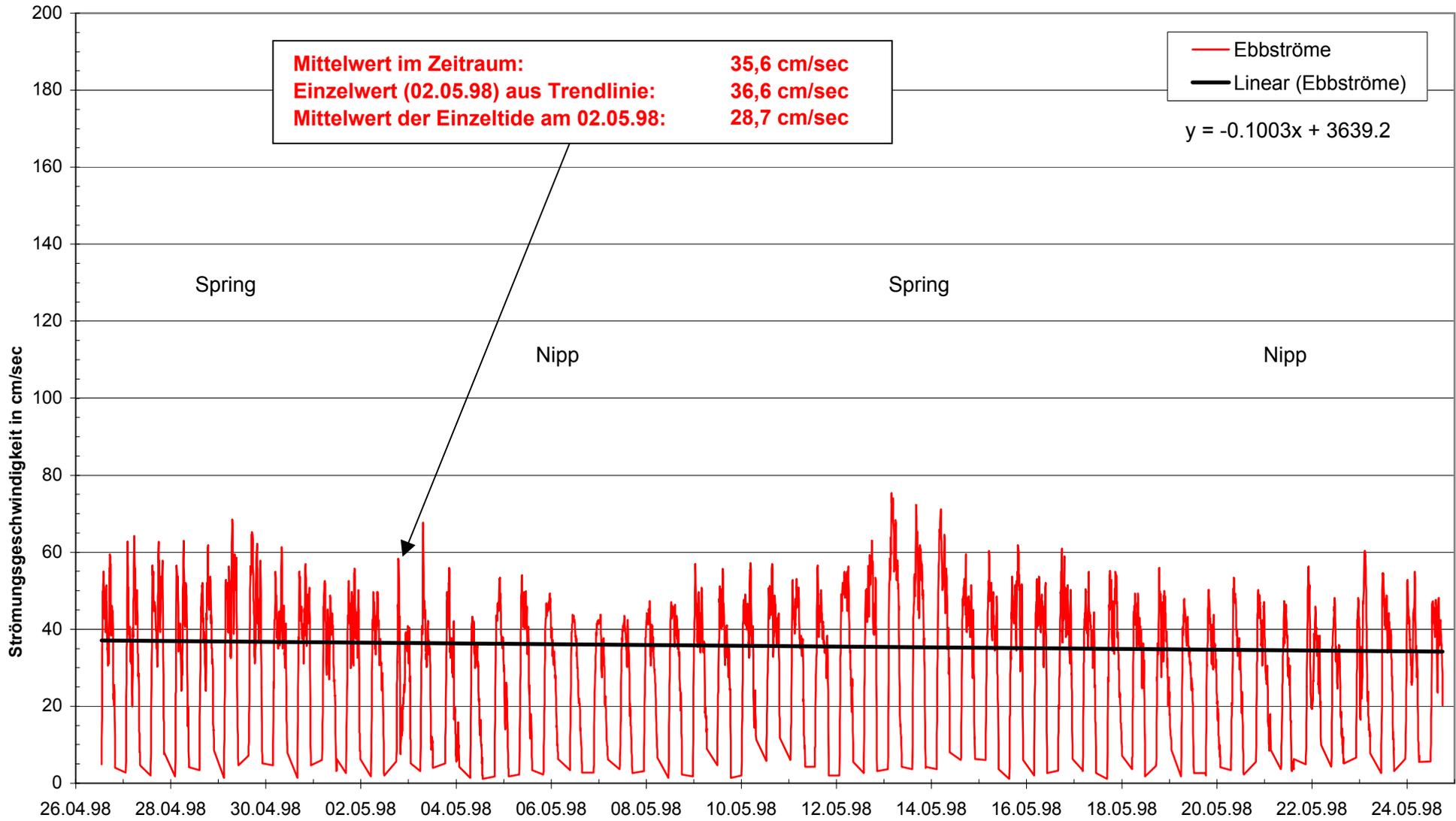
**Langzeitmesstation LZ5 Scharhörn  
Strömungen am 19.03.1998 Boden nah**



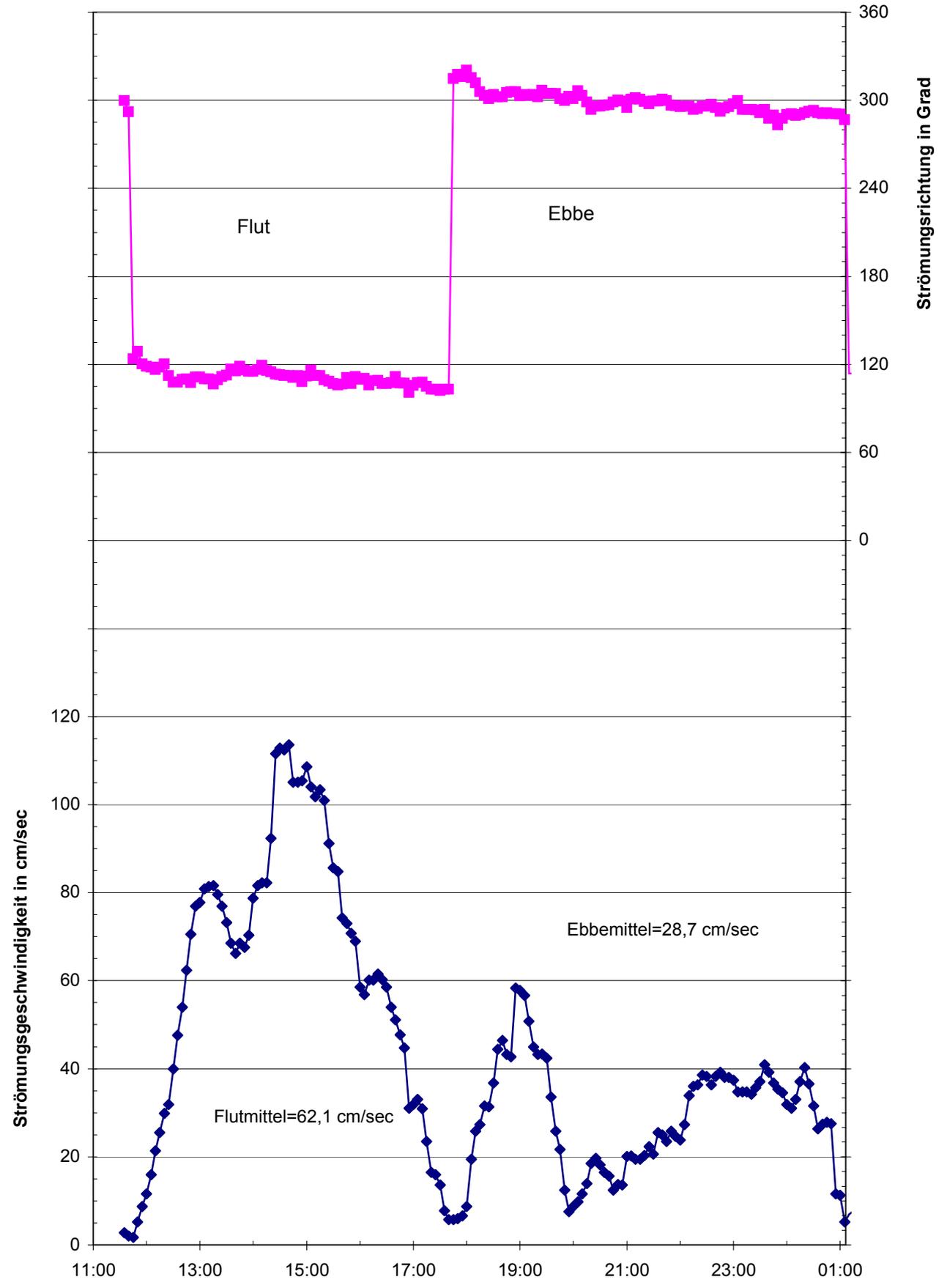
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn



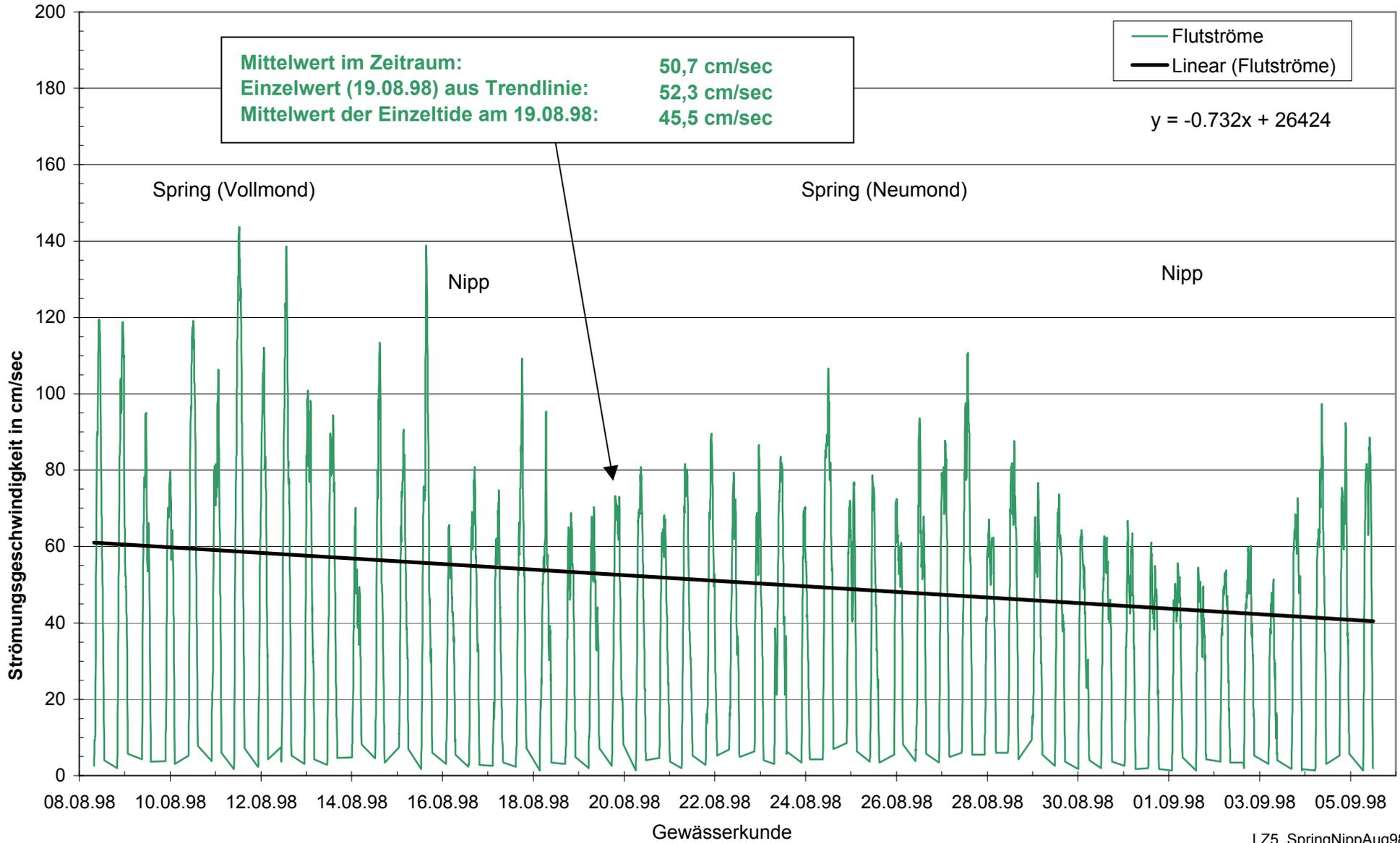
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn**



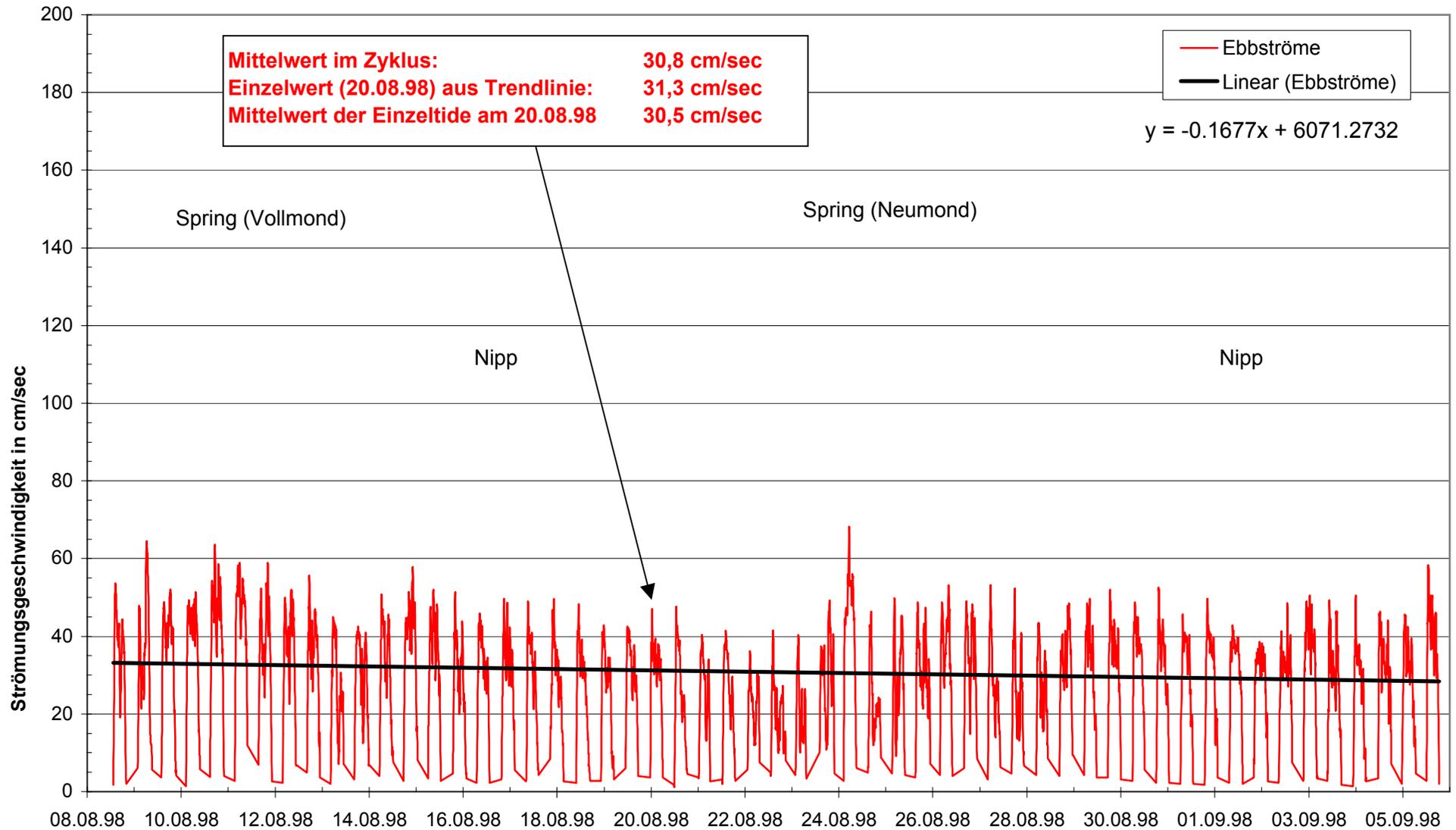
**Langzeitmesstation LZ5 Scharhörn  
Strömungen am 02.05.1998**



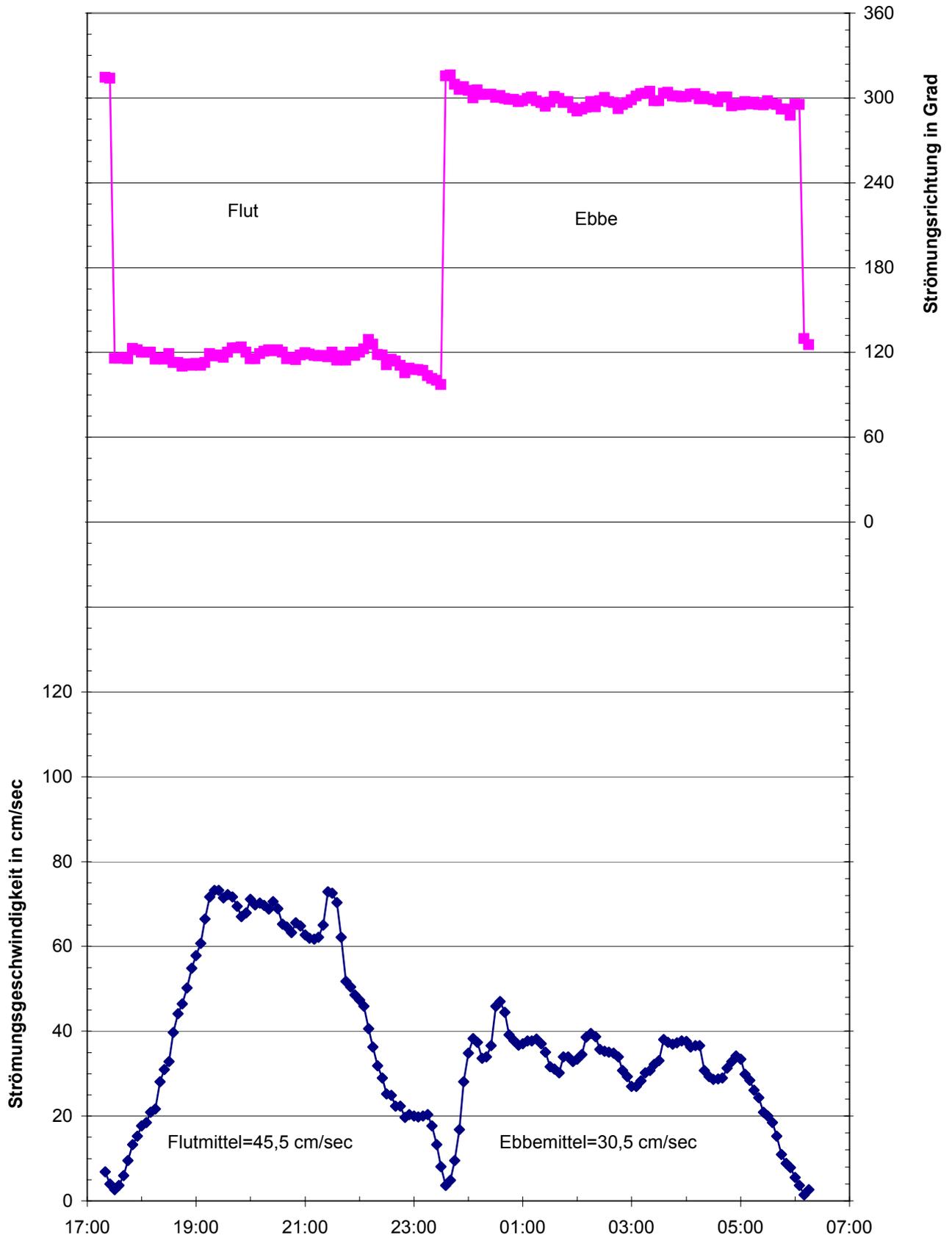
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn



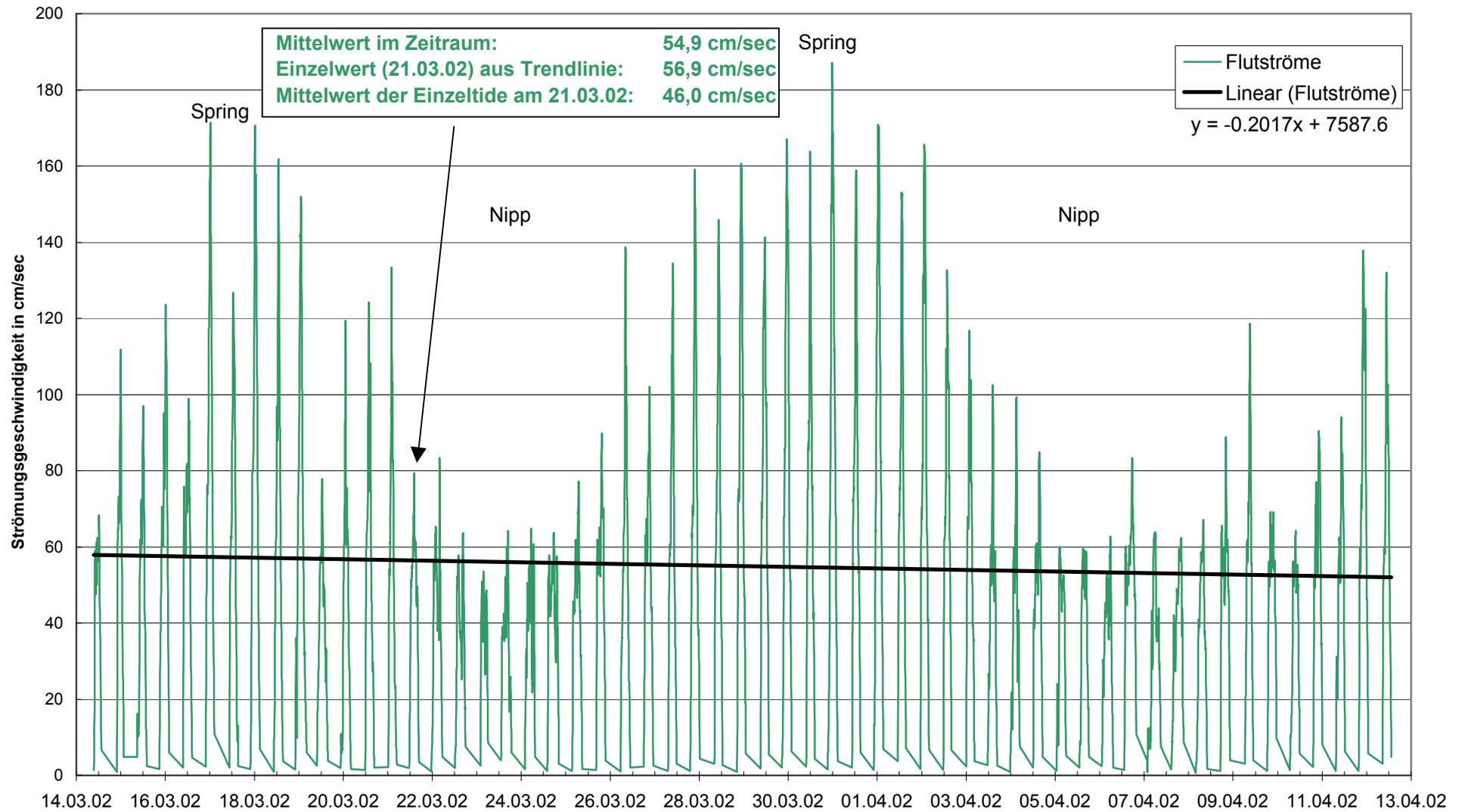
## Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn



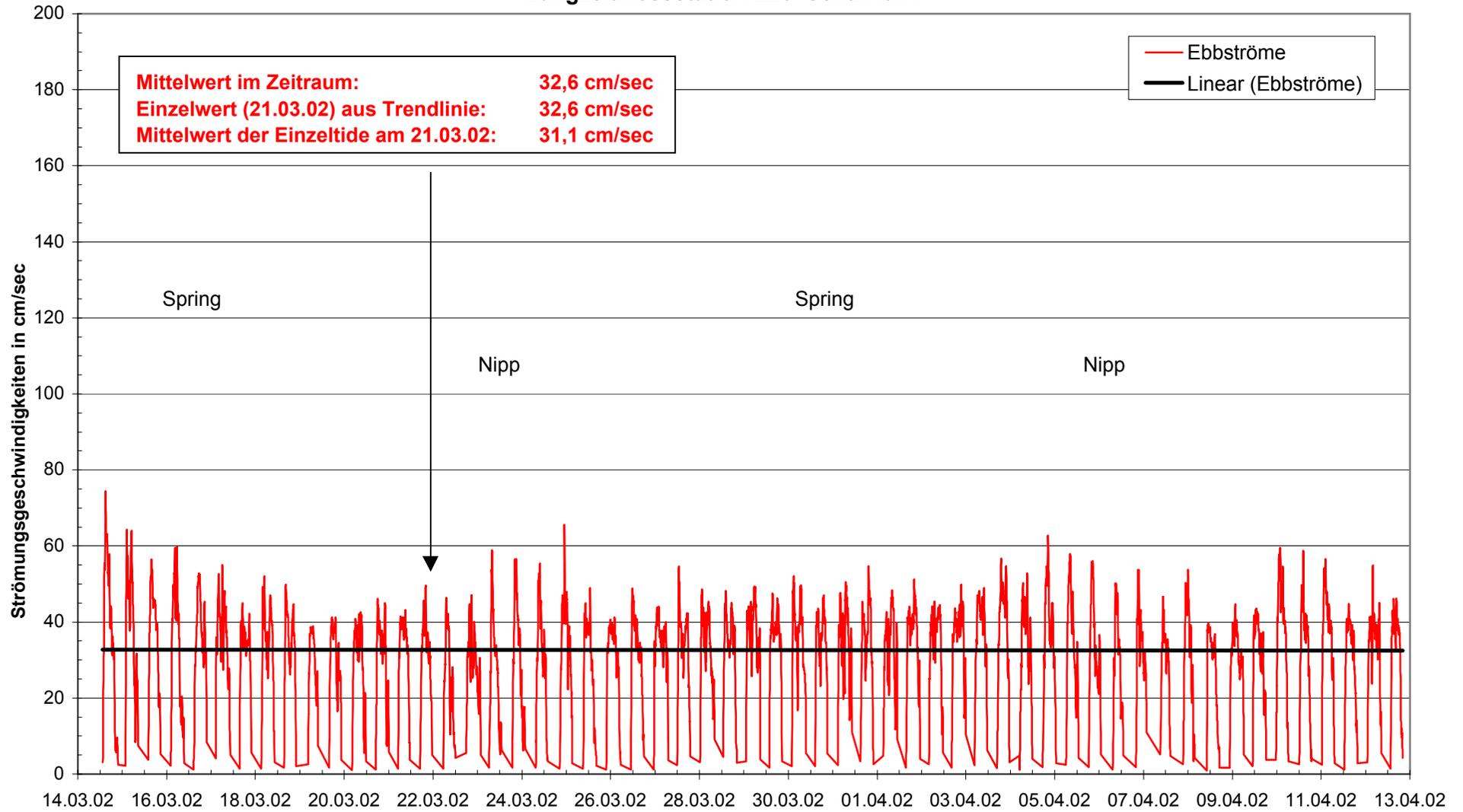
**Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn  
Strömungen am 19./20.08.1998 Boden nah**



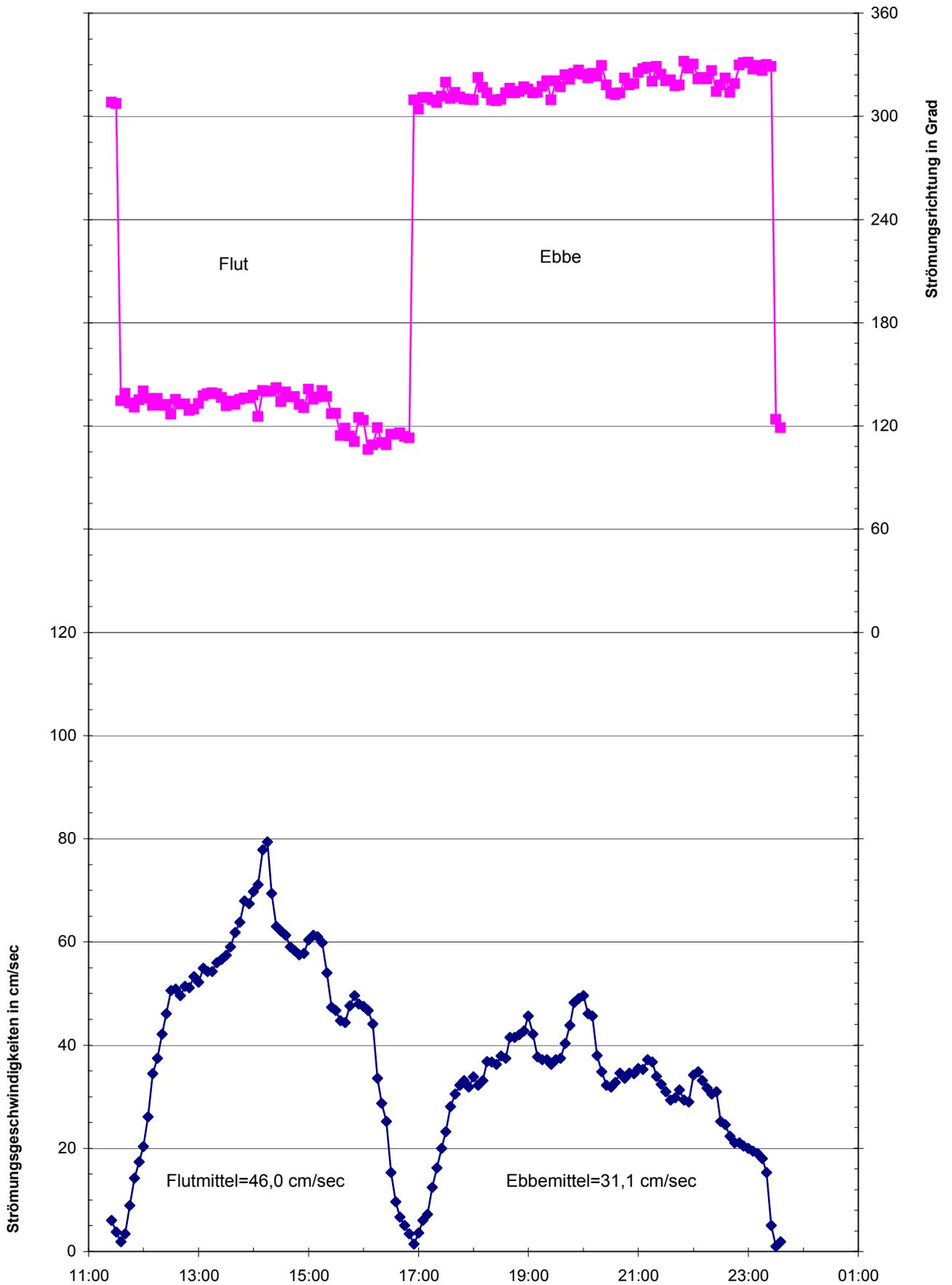
## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn



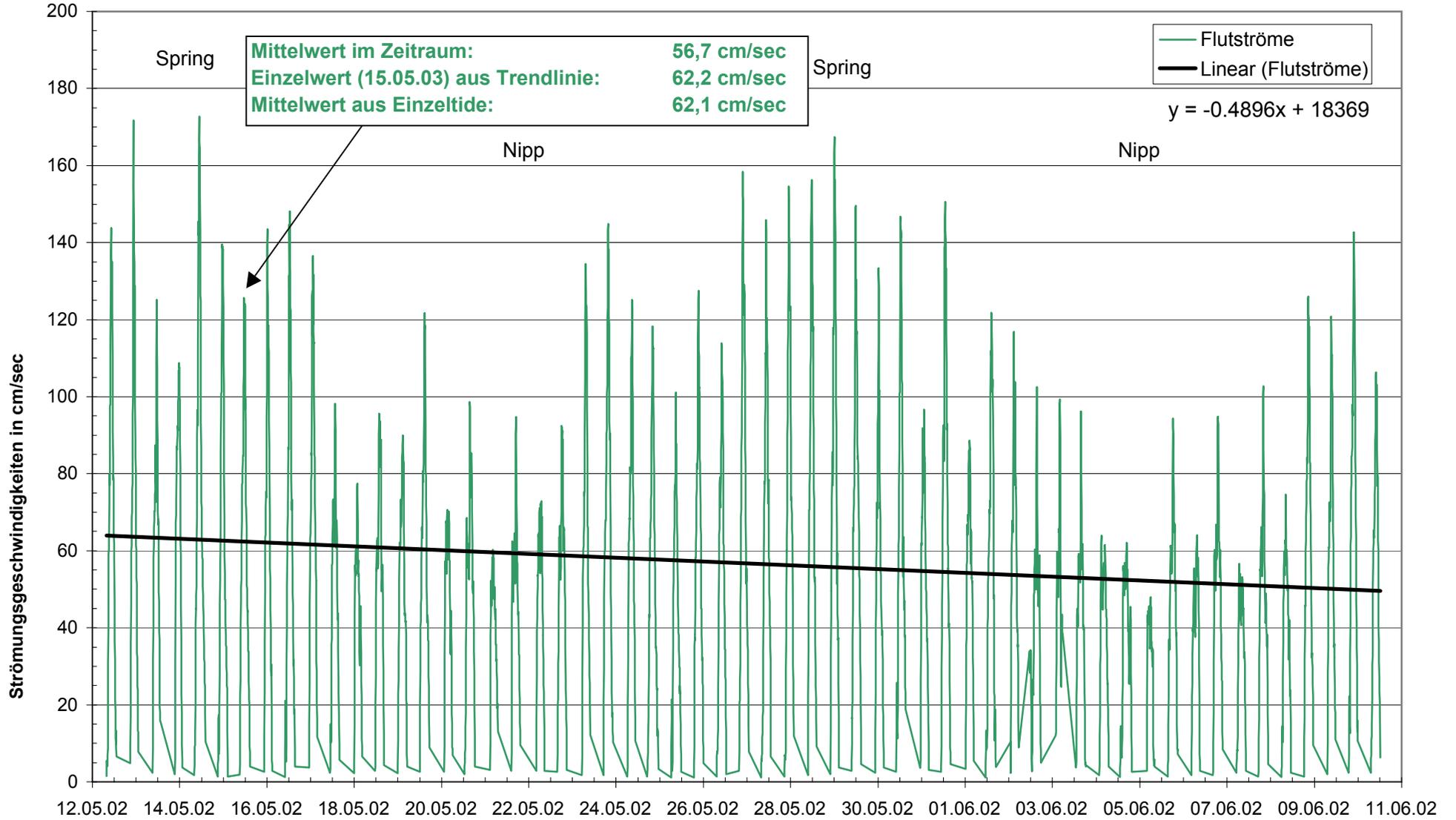
**Ebbstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf**  
**Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn**



**Langzeitmessstation LZ5 - Scharhörn**  
**Strömung am 21.03.02 Boden nah**

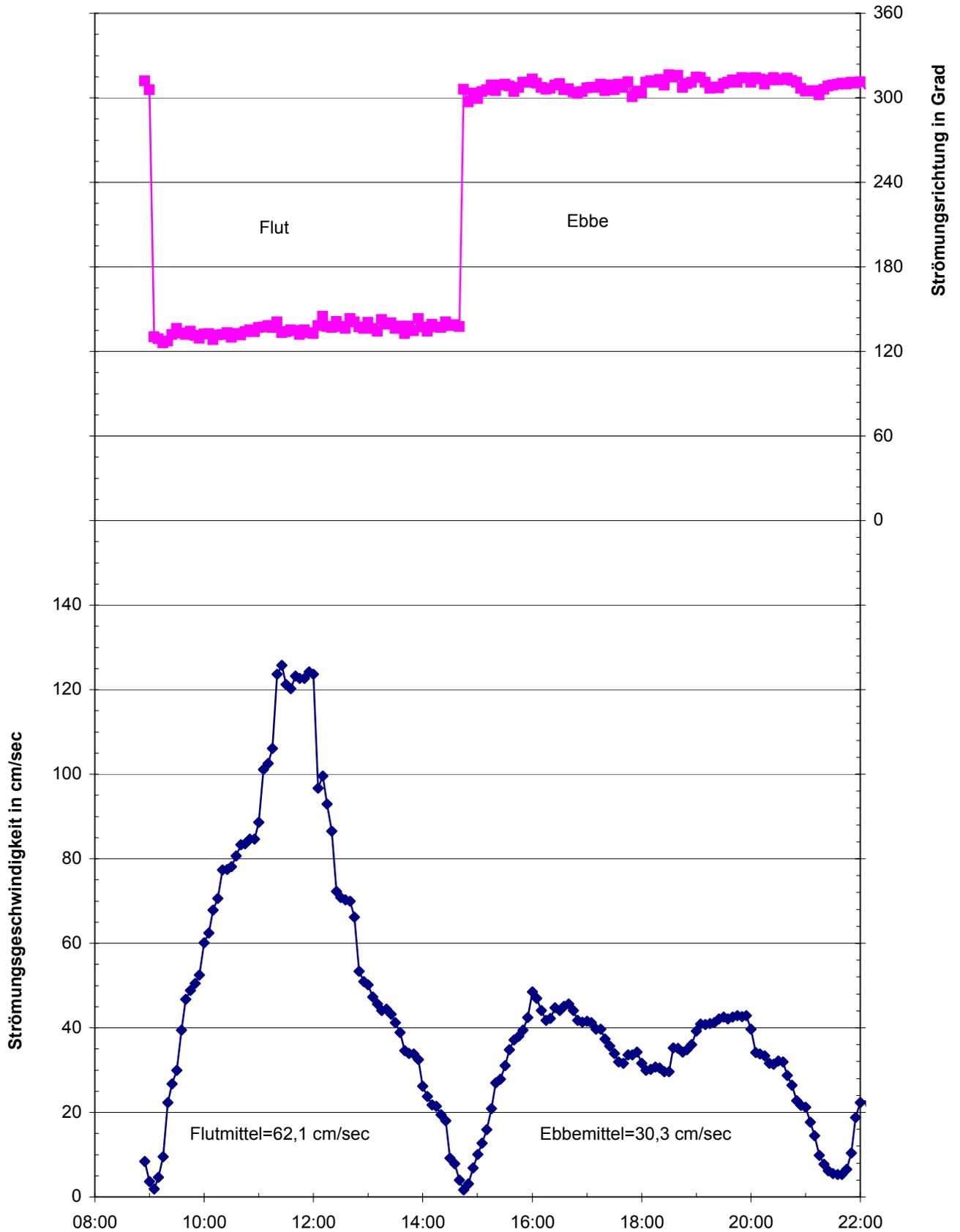


## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn

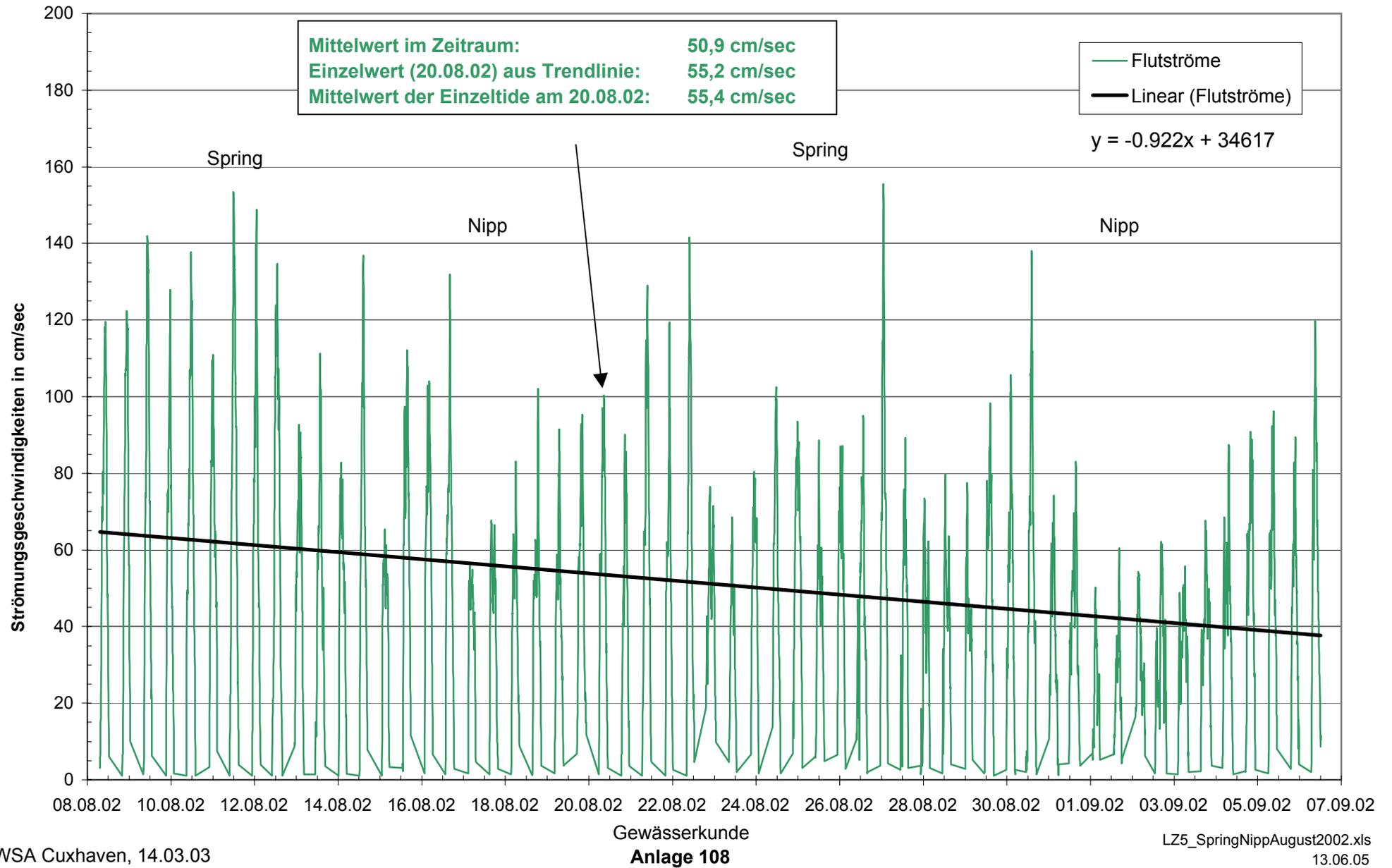




**Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn**  
**Strömungen am 15.05.02 Boden nah**

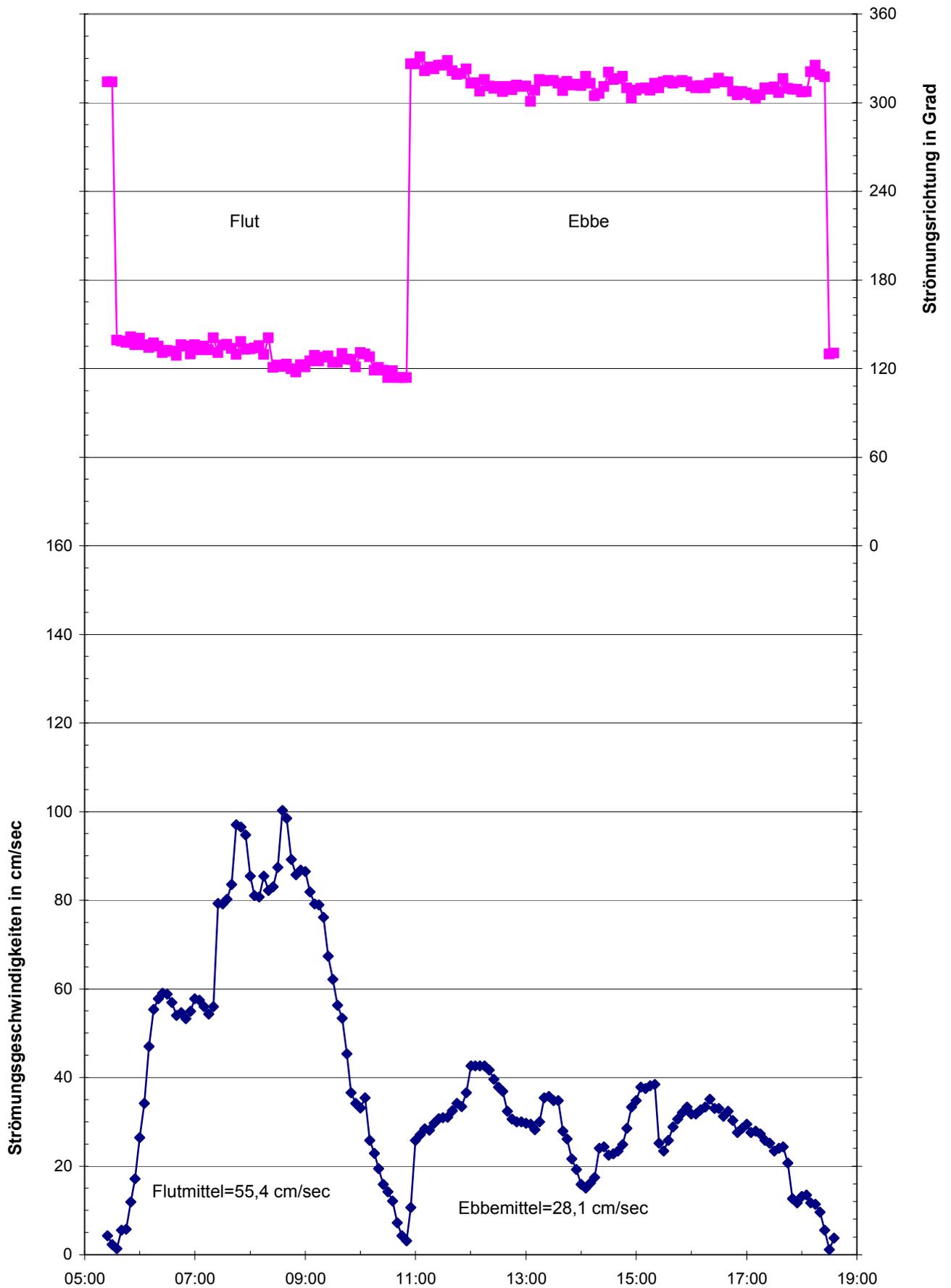


## Flutstromgeschwindigkeiten im Spring/Nipp Zyklus - 1 Mondumlauf Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn

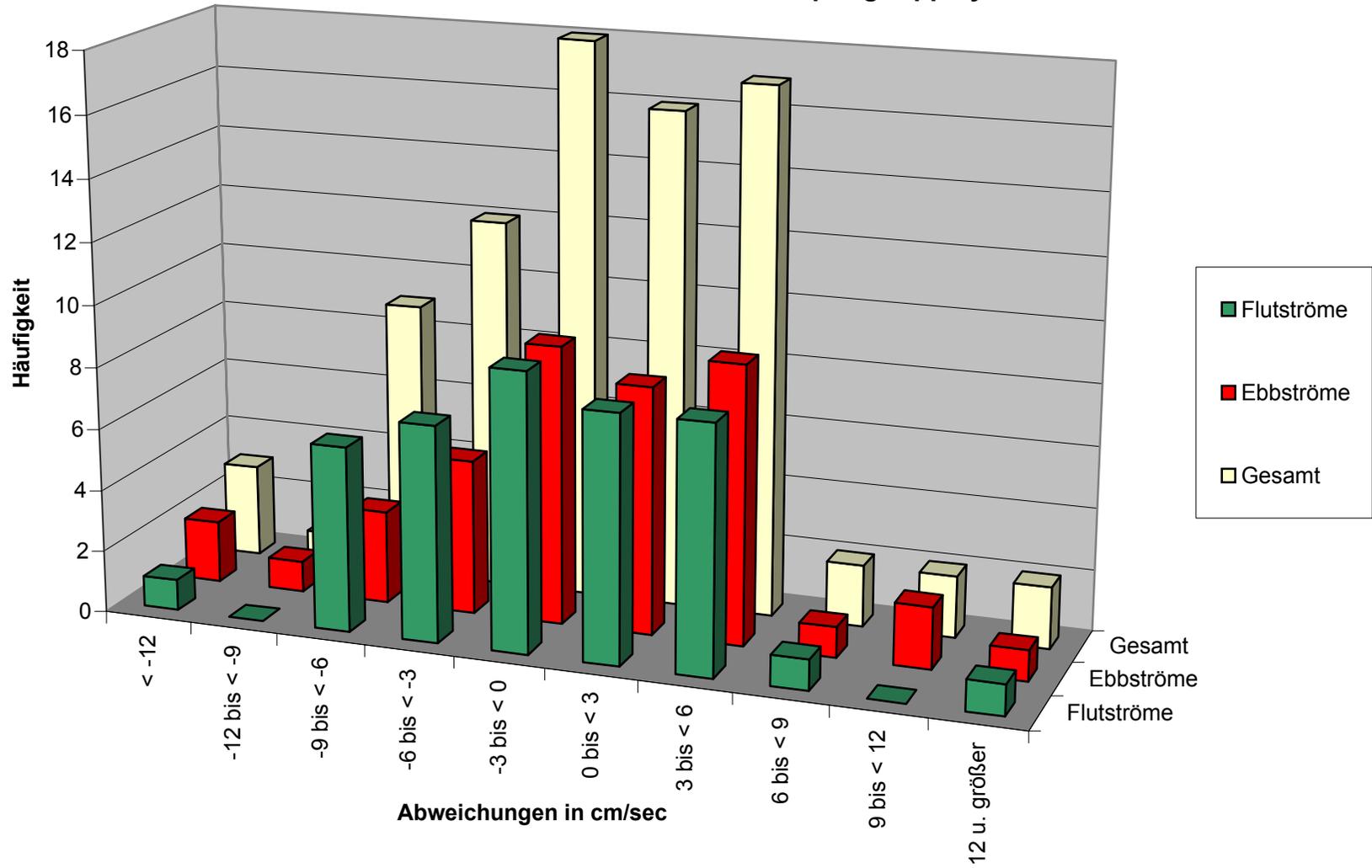




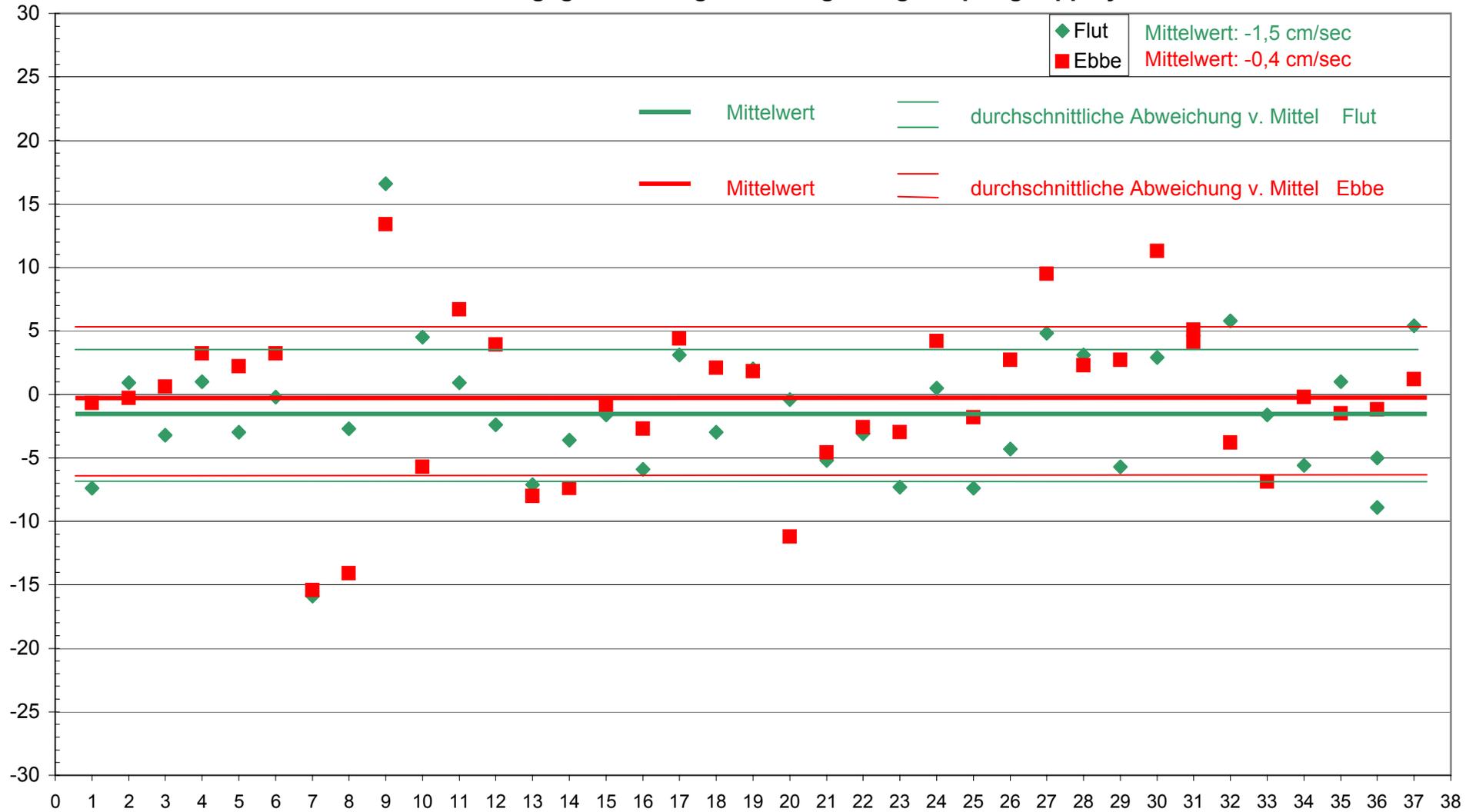
Langzeitmessstation LZ5 Scharhörn  
 Strömungen am 20.08.02 Boden nah



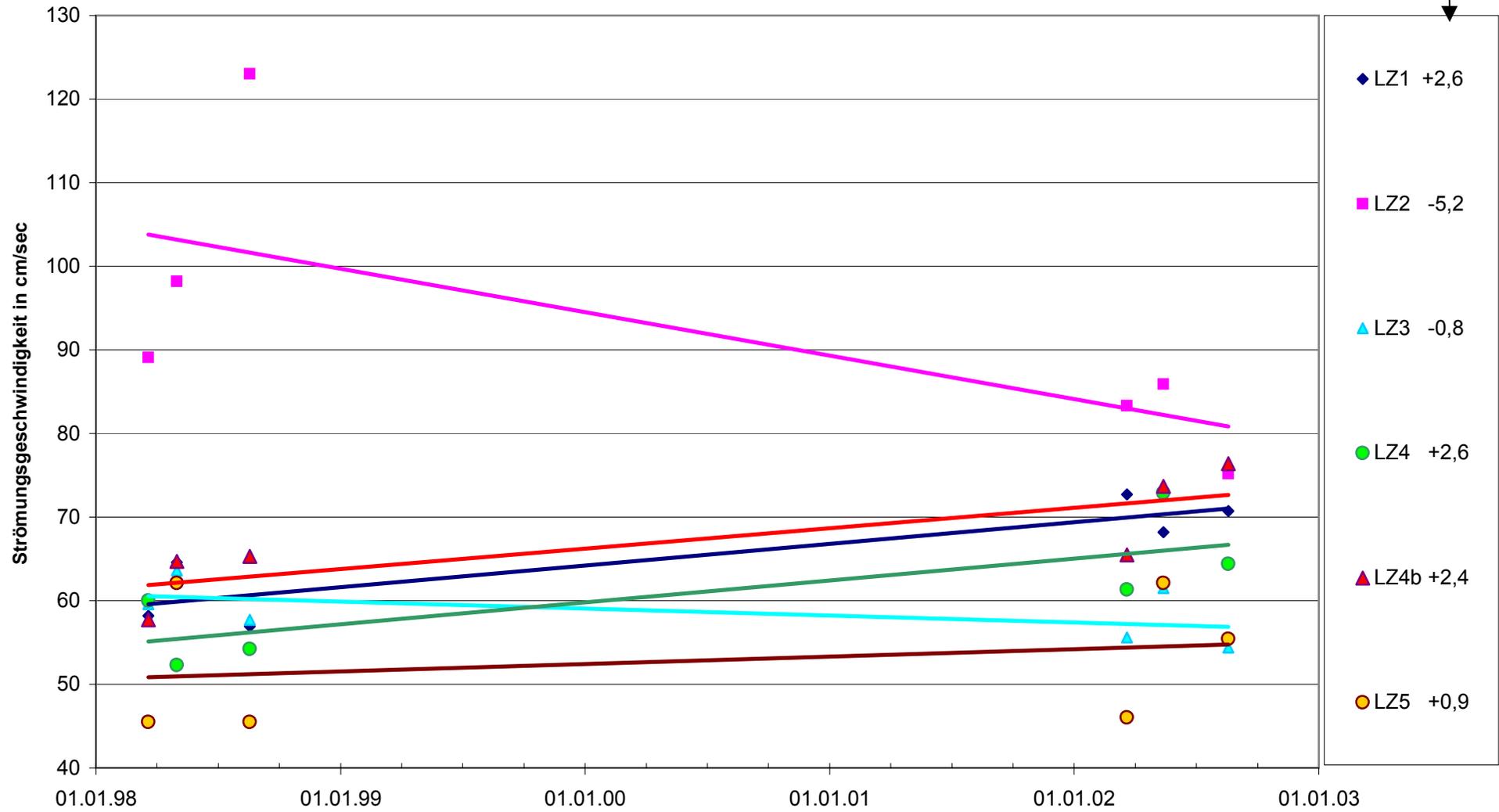
### Häufigkeitsverteilung in der Abweichung der Einzeltidemittelwerte der besten mittleren Tide vom Gesamtmittel eines Spring/Nipp Zykluses



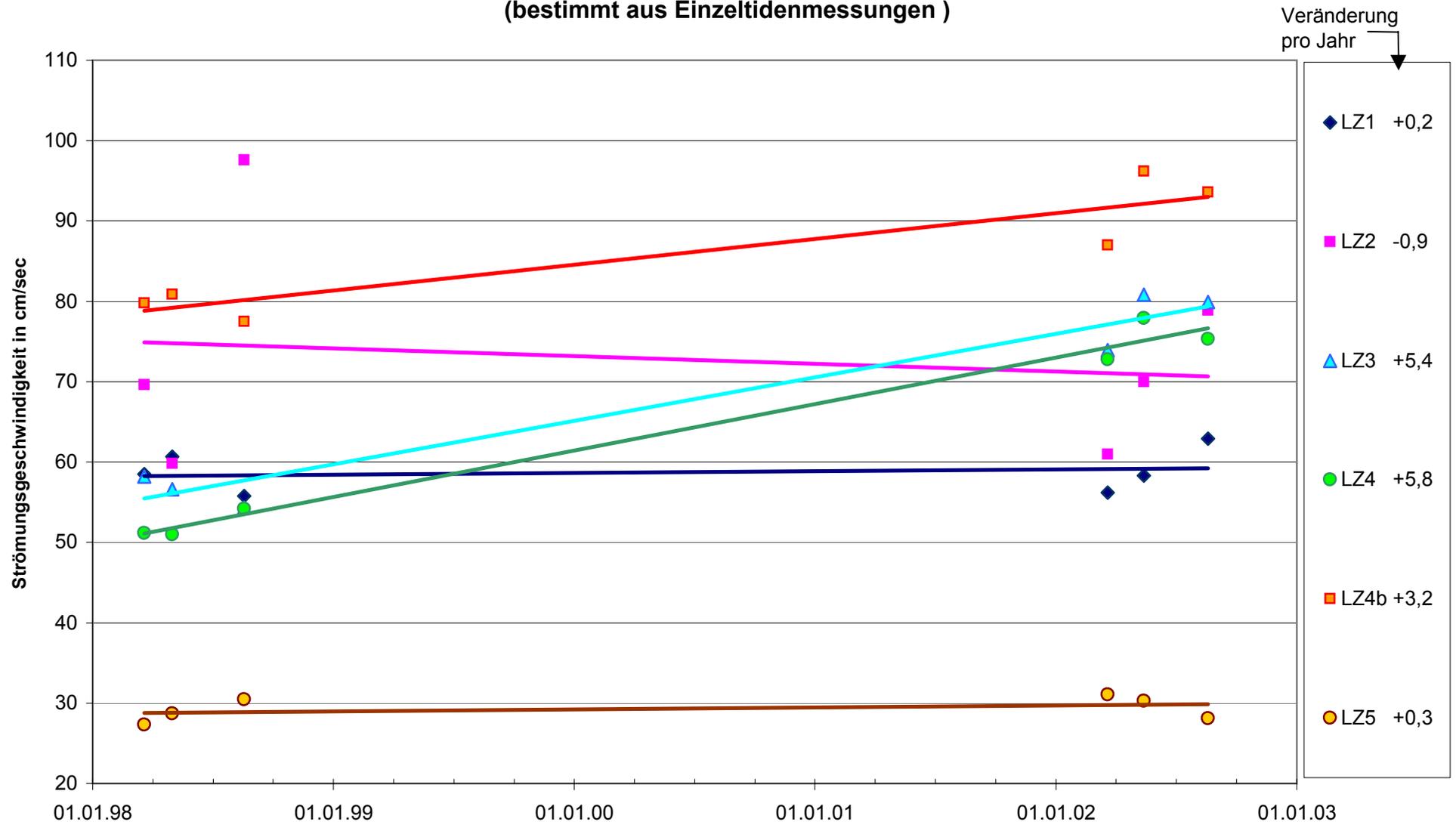
### Streuung der Differenzen aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Einzeltide und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im zugehörigen Spring/Nipp Zyklus



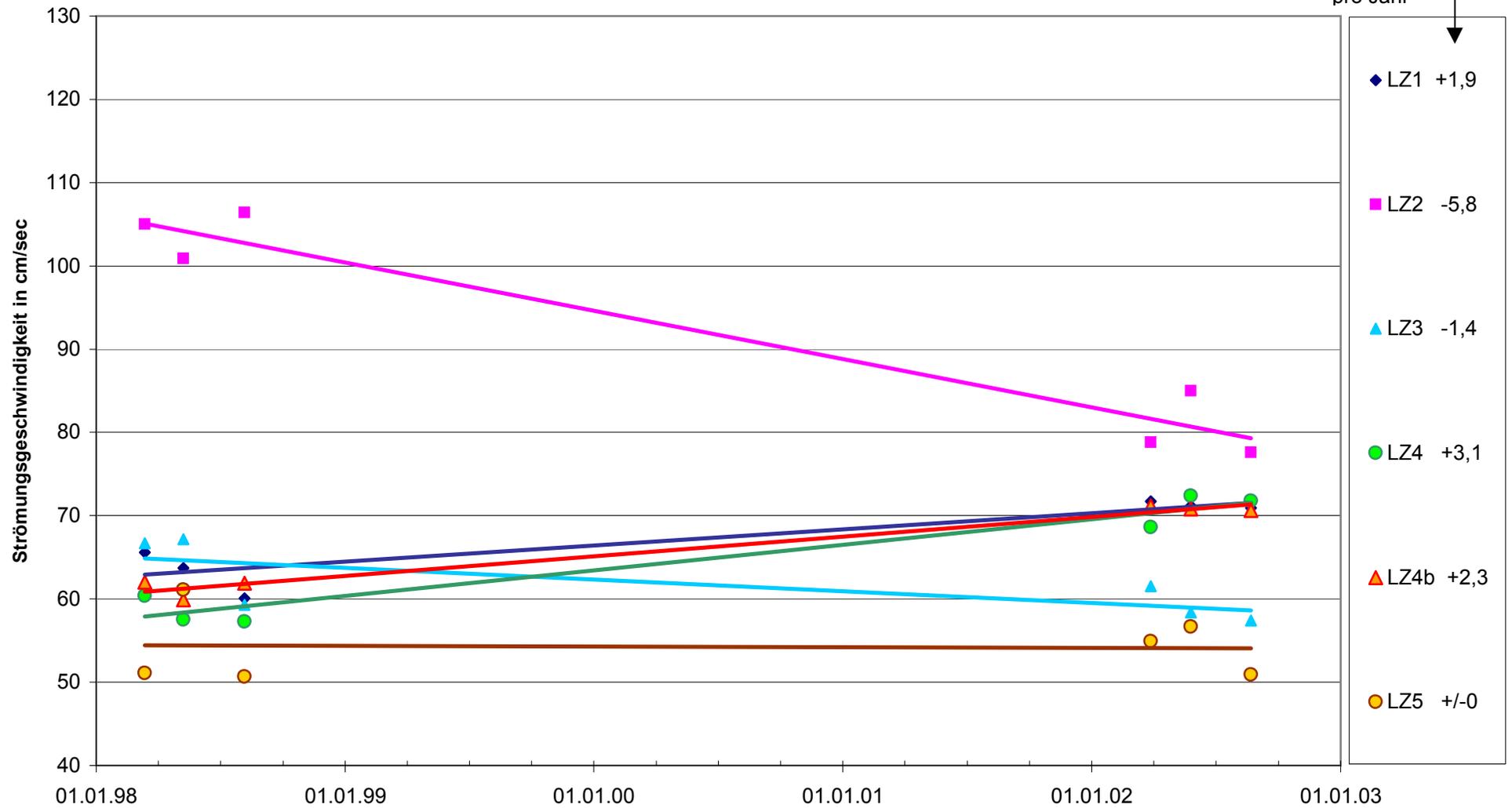
**Direkter Vergleich von Flutströmungen aus 1998 und 2002  
(bestimmt aus Einzeltidenmessungen)**



### Direkter Vergleich von Ebbeströmungen aus 1998 und 2002 (bestimmt aus Einzeltidenmessungen )



Direkter Vergleich von Flutströmungen aus 1998 und 2002  
(bestimmt aus doppelten Spring/Nipp Zyklen)



### Direkter Vergleich von Ebbeströmungen aus 1998 und 2002 (bestimmt aus doppelten Spring/Nipp Zyklen)

