

Wasserstands-Abfluss-Beziehungen an hessischen Pegeln

– Ein Beitrag zum vorsorgenden Hochwasserschutz –

W3

KLAUS GÖBEL & BERND STANGE

1 Veranlassung

Die Messung und Beobachtung der Wasserstände an maßgebenden Stellen eines Gewässernetzes ist grundlegend für viele wasserwirtschaftliche Aufgabenstellungen, wie die Hochwasservorhersage, die Analyse des Wasserhaushalts oder die Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen.

Das Land Hessen betreibt 105 Pegel an Fließgewässern, an denen eine Abflussauswertung vorgenommen und der Wasserstand kontinuierlich aufgezeichnet wird. Die meisten Pegel senden die Daten per Fernübertragung direkt an die zuständigen Behörden.



Abb. 1: Pegelbild Michelbach, Aar.

Aus dem gemessenen Wasserstand lässt sich mit Hilfe einer Wasserstands-Abfluss-Beziehung (Schlüsselkurve) der zugehörige Abfluss in dem Gewässerabschnitt berechnen.

Das HLOG veranlasste 2008 die hydraulische Berechnung der Schlüsselkurven von 59 Pegeln, um insbesondere für den Hochwasserbereich zuverlässige Aussagen zu den Abflussmengen treffen zu können. Mit der Durchführung der hydraulischen Simulationen wurde das Büro Hydrotec in Aachen beauftragt.

2 Wasserstands-Abfluss-Beziehung

Die maßgebliche wasserwirtschaftliche Größe ist der Abfluss im Gewässer, gemessen in m^3/s . Dieser ist nur mit großem Aufwand direkt zu erfassen, so dass der relativ einfach zu messende Wasserstand als Hilfsgröße herangezogen wird.

Mithilfe von Schlüsselkurven, die für jeden Pegel das Verhältnis von Wasserstand zu Abfluss angeben, kann aus dem Wasserstand der Durchfluss abgelesen werden.

Die Korrektheit der Schlüsselkurve spielt also für wasserwirtschaftliche Fragestellungen eine wichtige Rolle. Schlüsselkurven lassen sich am sichersten aufstellen, indem bei verschiedenen Wasserständen

Messungen der Fließgeschwindigkeit durchgeführt werden, aus denen sich dann die Abflüsse relativ genau berechnen lassen.

Für Niedrig- und Mittelwasser liegen meist genug Messwerte vor, um eine zutreffende Schlüsselkurve zu erstellen. Hochwasser treten seltener auf und machen durch ihre Fließverhältnisse die Messungen noch aufwendiger oder gar unmöglich.

Die Schlüsselkurven im Hochwasserbereich werden häufig durch Extrapolation der vorhandenen Messwerte erstellt und können damit entsprechende Unsicherheiten aufweisen.

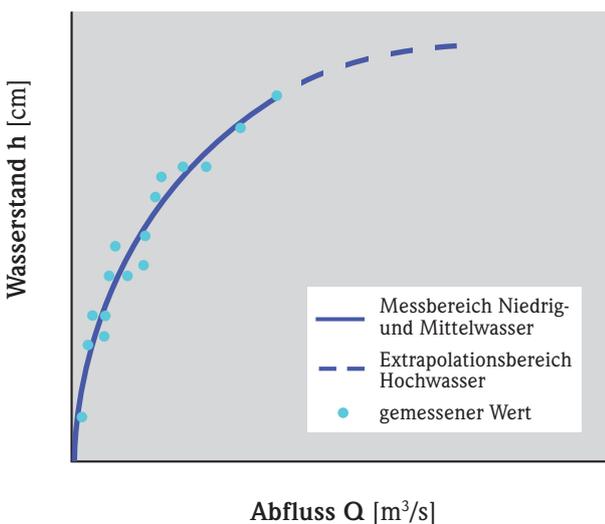


Abb. 2: Prinzip der Schlüsselkurvenermittlung.

3 Untersuchte Pegel

Für die Untersuchung wurden 59 Pegel ausgewählt. Kriterien waren Unsicherheiten im Extrapolationsbereich der Schlüsselkurven und die hydrologische

Bedeutsamkeit. Die Pegel sind in Abb. 3 und in Tab. 1 aufgeführt.

Tab.1: Pegelübersicht

	Pegelname	Gewässer	Größter Abfluss für Schlüsselkurvenberechnung m³/s
1	Adelshausen	Pfieffe	120
2	Alsfeld	Schwalm	86
3	Aßlar	Dill	452
4	Bad Hersfeld	Fulda	845
5	Bad Salzschlirf	Altefeld	174
6	Bad Soden	Salz	78
7	Biedenkopf	Lahn	251
8	Bischhausen	Wehre	81
9	Braunsen	Twiste	27
10	Breidenbach	Perf	111
11	Büdingen	Seemenbach	46
12	Dalwigksthäl	Orke	138
13	Dillenburg1	Dill	209
14	Dillenburg2	Dietzhölze	61
15	Eberstadt	Modau	31
16	Ehringen	Erpe	108
17	Eichelsachsen	Eichelbach	34
18	Eppstein	Schwarzbach	52
19	Essershausen	Weil	117
20	Etzelmühle	Salzböde	38
21	Fahrenbach	Weschnitz	36
22	Friedberg	Usa	81
23	Gemünden	Wohra	42
24	Groß-Bieberau 2	Fischbach	34
25	Gungelshausen	Antreff	31
26	Haiger	Dill	61
27	Hain-Gründau	Gründau	42
28	Hainstadt	Mümling	88

29	Harreshausen	Gersprenz	73
30	Helsa	Losse	78
31	Herbornseelbach	Aar	77
32	Hermannspegel	Haune	156
33	Hettenhausen	Fulda	40
34	Hofgeismar	Lempe	53
35	Hoheneiche	Sontra	100
36	Hümme	Esse	34
37	Kämmerzell	Fulda	282
38	Kerzell	Fliede	105
39	Kirchheim	Aula	23
40	Lorsch	Weschnitz	72
41	Lütterz	Lüder	179
42	Marburg	Lahn	650
43	Melzdorf	Haune	91
44	Michelbach	Aar	42
45	Michelstadt	Mümling	87
46	Münster	Wetter	36
47	Nauheim	Schwarzbach	6
48	Niederbrechen	Emsbach	68
49	Niederwetter	Wetschaft	78
50	Oberkleen	Kleebach	21
51	Obermeiser	Warme	113
52	Ober-Ofleiden	Ohm	234
53	Philippsthal	Ulster	273
54	Rothemann	Döllbach	53
55	Ruppertsburg	Horloff	35
56	Schotten 1	Nidda	38
57	Steinau	Kinzig	91
58	Weilers	Bracht	117
59	Wersau	Gersprenz	59

4 Untersuchungsmethodik

Die hydraulischen Berechnungen wurden mittels 1-D-Modelltechnik durchgeführt. Zur Anwendung kam das Wasserspiegellagenprogramm Jabron (Hydrotec Software). In kompakten, gleichförmigen Gerinnen kann mit der 1-D-Hydraulik eine Abflusskurve gut nachgerechnet werden. Da der Hauptzweck der Untersuchung die Berechnung der Schlüsselkurven für den Bereich größerer und extremer Hochwasser ist, wurde darauf geachtet, dass der Vorlandabfluss bzw. die Situation bei ausuferndem Abfluss korrekt erfasst wird.

Für die Berechnungen mit dem Modell Jabron wurden vom HLUG umfangreiche Datengrundlagen bereitgestellt:

- Querprofilaten für die Gewässerstrecke am Pegel aus dem Retentionskataster Hessen
- Stammdaten der Pegel (Lage, Pegelnullpunkt, Einzugsgebiet, etc.)
- Wasserstands- und Abflussmessungen: Die Abflussmessung bei größtem Abfluss definiert den Beginn des Extrapolationsbereichs der vorliegenden Schlüsselkurve.

- Vorhandene Schlüsselkurven (Abflusskurven, Abflusstafeln)
- Topografische Karten TK25 und Überschwemmungsgebietsgrenzen für 100 jährliches Hochwasser (ÜSG) aus dem Retentionskataster

An 33 Pegeln war eine Neuvermessung der Gewässerprofile vor Ort erforderlich. Gründe waren keine vorliegenden oder ungeeignete Datensätze für einen Pegel oder das Ergebnis der hydraulischen Berechnungen lieferte keinen plausiblen Verlauf der Schlüsselkurve.

Aus den importierten Datensätzen wurde ein lauffähiges hydraulisches Modell aufgestellt. Die Querprofilaten wurden um Rauheiten und Bewuchsparameter ergänzt. Lokal, vor allem bei Bauwerken, wurden Einzelverluste definiert. Für jede Pegelstrecke wurde ein Rechenlauf mit gestaffelten Abflussmengen angelegt. Die Staffelung der Abflüsse

hängt von der Gewässergröße und der Vorgabe des maximal zu berechnenden Abflusses ab ($HQ_{\max} = 1,3 \cdot HQ_{100}$).

Das hydraulische Modell wurde anhand der vorliegenden Abflussmessungen kalibriert. Maßgeblich für die Anpassung der berechneten Schlüsselkurve waren die vorliegenden Abflussmessungen und der Verlauf vorhandener Schlüsselkurven. Abweichungen zur vorhandenen Schlüsselkurve im Extrapolationsbereich wurden geprüft und dokumentiert. Aufgrund der Unsicherheiten im Extrapolationsbereich der vorhandenen Schlüsselkurve waren diese bei der Kalibrierung nicht unbedingt maßgeblich. Rauheiten und Bewuchsparameter wurden in sinnvollen und vertretbaren Grenzen auf der Basis von Fotos und Ortsbegehungen angepasst. Weitere Anpassungen wurden durch Variation oder Ergänzung von Einzelverlusten erreicht.

5 Darstellung der Ergebnisse am Beispiel „Pegel Michelbach, Aar“

Querprofile der Gewässer sind die Basis der hydraulischen Berechnungen. Abb. 4 zeigt die schematische Querprofilardarstellung des Pegels Michelbach an der Aar.

Im Pegelprofil sind die Wasserstände bei unterschiedlichen Abflüssen dargestellt. Rechts vom Profil

können die Abflüsse und die zugehörigen Wasserstände entnommen werden.

Querprofile liegen für den Bereich von ca. 300 m oberhalb und bis ca. 2 000 m unterhalb des Pegels in 100 m - Abständen vor.

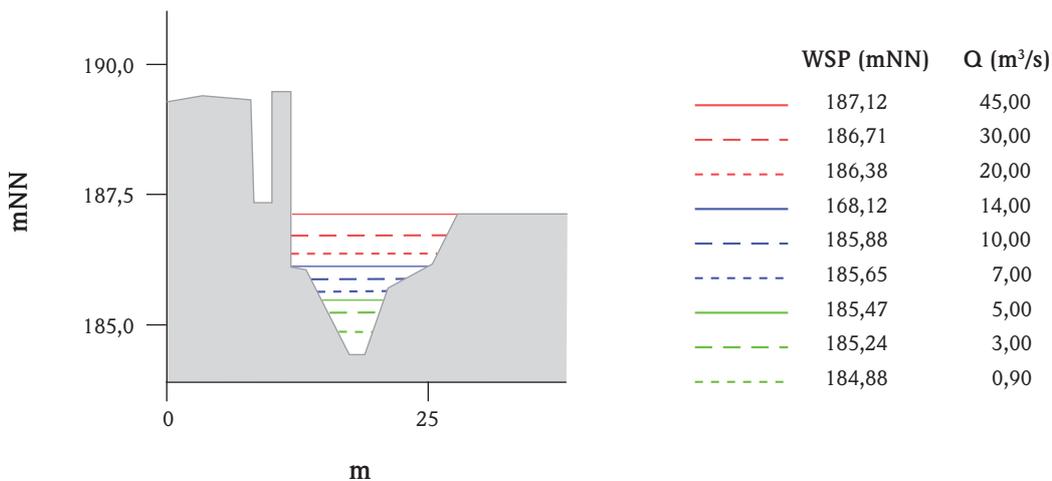


Abb. 4: Schematische Darstellung, Querprofil Pegel Michelbach, Aar.

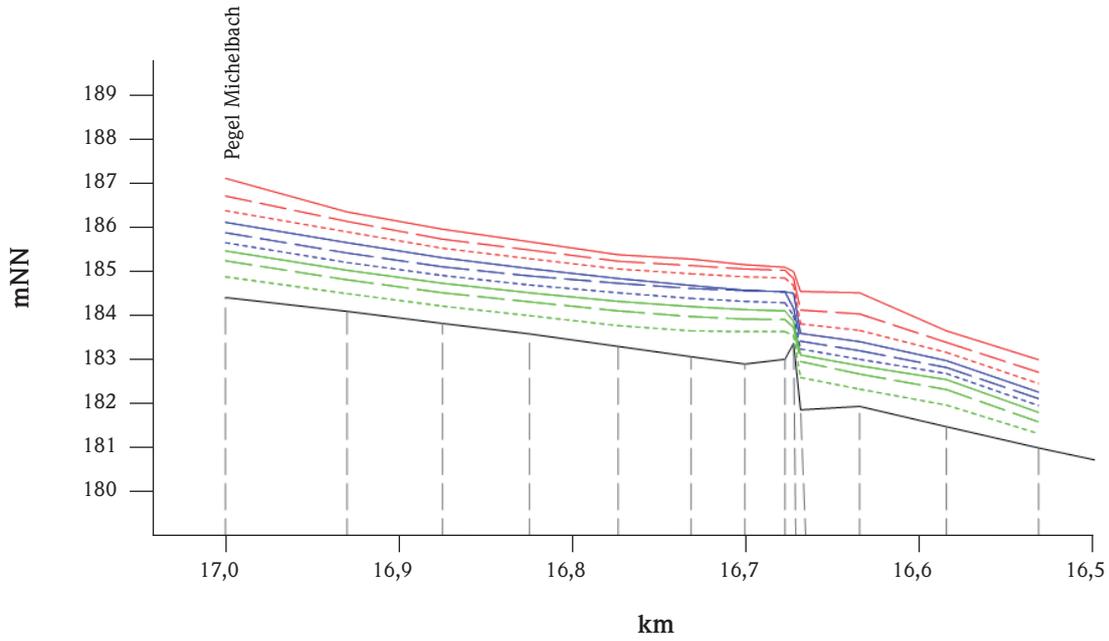


Abb. 5: Schematische Darstellung, Längsschnitt Pegel Michelbach, Aar.

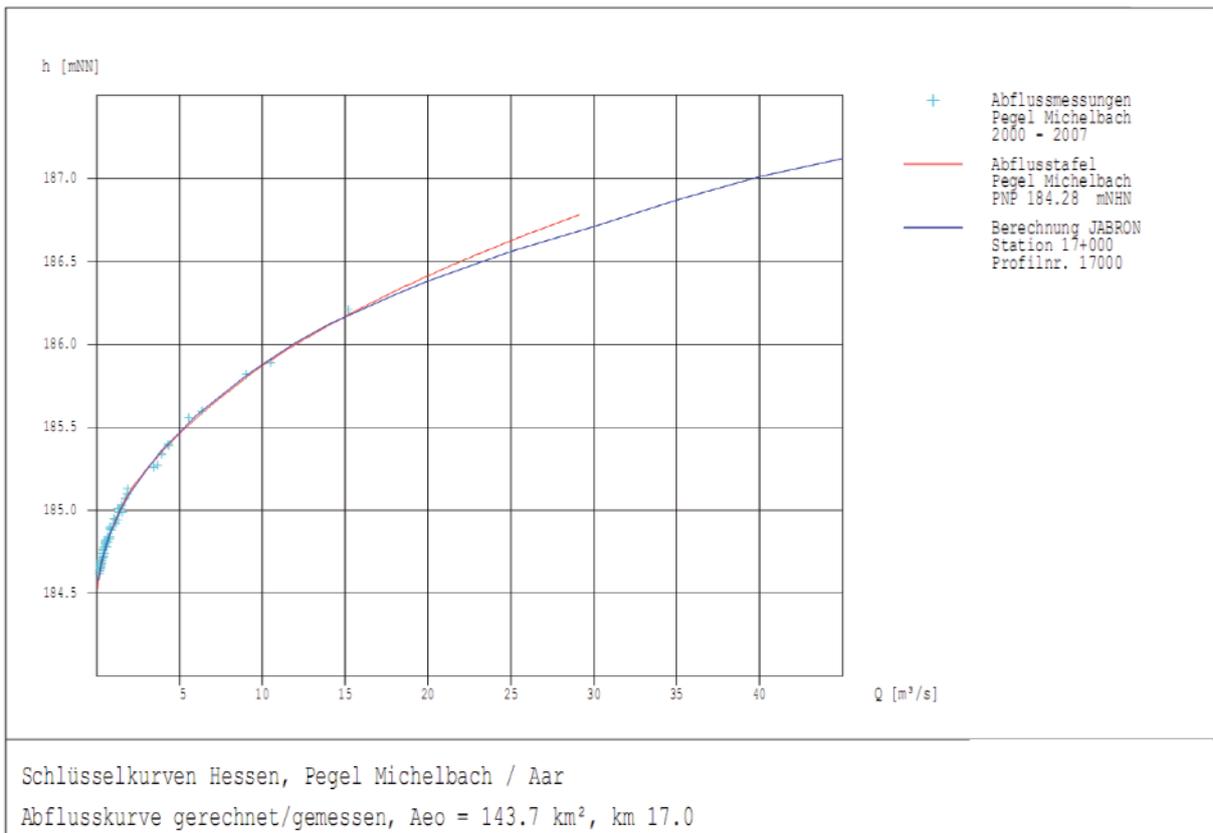


Abb. 6: Schlüsselkurve Pegel Michelbach, Aar.

In Abb. 5 ist der schematische Längsschnitt am Pegel Michelbach abgebildet. Dargestellt sind wie im Pegelprofil ausgewählte Wasserspiegellagen, außerdem der tiefste Sohlpunkt als Sohlhöhe. Brücken sind ebenfalls im Längsschnitt abgebildet.

Die hydraulische Berechnung der Schlüsselkurve Pegel Michelbach/Aar zeigt eine gute Übereinstimmung mit der bestehenden Wasserstands-Abfluss-Beziehung (siehe Abb. 6).

Die hydraulisch berechnete Schlüsselkurve (blau) ist im Niedrigwasser- und Mittelwasserbereich fast identisch mit der bestehenden Schlüsselkurve (rot). Auch die vorhandenen Abflussmessungen (türkise Kreuze) bestätigen die Berechnung. Ab ca. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfluss hat die hydraulisch berechnete Schlüsselkurve einen niedrigeren Verlauf als die bestehende Schlüsselkurve. Zudem geht die Berechnung bis zu einem Abfluss von $45 \text{ m}^3/\text{s}$ und erfasst größere Hochwasser. Somit stehen auch für diese größeren Hochwasser abgesicherte Abflusswerte zur Verfügung.

Die gute Übereinstimmung der hydraulischen Berechnung mit der Abflusskurve ist nicht immer

gegeben. Einige Berechnungen zeigen deutliche Unterschiede zur vorhandenen Schlüsselkurve.

Da fast jeder Pegel Besonderheiten aufweist, wurde sorgfältig recherchiert, welche Gründe zu diesen Abweichungen führen können. Bewuchs auf der Böschung und im Vorland, Rückstauinflüsse von Bauwerken und Sohlschwellen seien als Beispiel genannt.

Die Ergebnisse der Berechnungen aller untersuchter Pegel werden im Fachkreis (RPen, HLUG, Firma Hydrotec) diskutiert. Danach wird die zukünftig gültige Schlüsselkurve für den jeweiligen Pegel festgelegt.

Insgesamt gesehen war das Vorhaben für die Arbeiten der hessischen Umweltverwaltung sehr hilfreich. Die anhand von hydraulischen Berechnungen mit dem Wasserspiegellagen-Modell überprüften und im Bedarfsfall angepassten Schlüsselkurven sorgen dafür, dass der Wasserwirtschaft nun abgesicherte Abflusswerte zur Verfügung stehen. Insbesondere im Hochwasserfall sind diese unerlässlich, um auf Basis von sicheren Hochwasservorhersagen entsprechende Hochwasserschutz- und -vorsorgemaßnahmen einzuleiten.

