

9e0

... *geographische Open-Access Zeitschrift*

109e

['1o 3e]



ARTIKEL

Jörg Eggenstein

Erstellung einer Klimafunktionskarte mit Hilfe eines GIS basierten Decision Support Moduls

Sarah Engels, Frauke König, Boris Lehmann, Franz Nestmann

Rating Urban Streams Application of the bonus-malus Algorithm

STATE OF THE ART

Stephanie Gschrei

Monsterwellen

Vom Seemannsgarn zur aktuellen Forschung

REZENSION

Björn Frauendienst

Großbritannien

Geographien eines europäischen Nachbarn
Zehner, Klaus & Wood, Gerald (2010)

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser der GeoLoge,

wir freuen uns, Ihnen nun die 2. Ausgabe unserer Zeitschrift präsentieren zu können. Wieder gibt es einen Streifzug durch die verschiedensten geographischen Themen.

Die GeoLoge ist dabei, sich bei den Studierenden, den Geographen und Geographinnen in Forschung und Lehre sowie bei den geographisch Interessierten zu etablieren. Mit Erscheinen dieser Ausgabe verfügt die GeoLoge über eine ISSN und ist in der Elektronischen Zeitschriftenbibliothek der Ruhr-Universität Bochum erfasst.

Neben der Rubrik „State of the Art“, die mit dem Artikel „Monsterwellen – Vom Seemannsgarn zur aktuellen Forschung“ erstmals vertreten ist, kommt ab der 3. Ausgabe die Rubrik „Aus der geographischen Praxis“ hinzu. Hier haben Autorinnen und Autoren die Möglichkeit, von Lehrveranstaltungen, Tagungen und Exkursionen zu berichten.

Unsere Redaktion hat sich um die Bachelor- und Masterstudierenden Bettina Pott, Juliane Strücker und Steffen Werner vergrößert und geht mit neuen Ideen und Zielen der nächsten Ausgabe entgegen. Wir freuen uns auf die Einreichung von Ihren Artikeln und Rezensionen aus allen geographischen Themenbereichen.

Blasius Szczurek und Florian Flüchter für das GeoLoge-Team

ARTIKEL

JÖRG EGGENSTEIN

Erstellung einer Klimafunktionskarte mit Hilfe eines GIS basierten Decision Support Moduls

SEITE 2-13

SARAH ENGELS, FRAUKE KÖNIG, BORIS LEHMANN AND FRANZ NESTMANN

Rating Urban Streams
Application of the bonus-malus Algorithm

SEITE 14-20

STATE OF THE ART

STEPHANIE GSCHREI

Monsterwellen

Vom Seemannsgarn zur aktuellen Forschung

SEITE 21-29

REZENSIONEN

BJÖRN FRAUENDIENST

Großbritannien – Geographien eines europäischen Nachbarn

Zehner, Klaus & Wood, Gerald (2010)

SEITE 30-31

IMPRESSUM

SEITE 32

JÖRG EGGENSTEIN

ERSTELLUNG EINER KLIMAFUNKTIONSKARTE MIT HILFE EINES GIS BASIERTEN DECISION SUPPORT MODULS

ARTIKEL

Kurzfassung: Klimafunktionskarten sind ein wichtiges Kommunikationsmittel der angewandten Stadtklimatologie. In ihnen werden räumliche Strukturen auf der Grundlage lokalklimatischer Analysen in Klimatope zusammengefasst. Klimatope beschreiben die mikroklimatischen Besonderheiten unterschiedlicher Oberflächennutzung, im Vordergrund steht hierbei die anthropogene Beeinflussung dieser Eigenschaften und ihre Rückwirkung auf den Menschen. In diesem Artikel wird ein Verfahren zur Berechnung von Klimafunktionskarten mit Hilfe Geographischer Informationssysteme vorgestellt.

Schlüsselworte: Geographische Informationssysteme (GIS), IDRISI, Klimafunktionskarte, Klimatope, Stadtklimatologie

1. Einleitung und Beschreibung der Klimatope

Die Erforschung, Messung, Evaluation und Präsentation atmosphärischer Beeinflussung durch den Stadtkörper ist Aufgabe der Stadtklimatologie. Stadt- und Raumplaner stehen vor der anspruchsvollen Aufgabe, die Verdichtung und räumliche Ausdehnung, allerdings auch die Umgestaltung der Stadt im Falle von Schrumpfung und Strukturwandel unter zahlreichen Gesichtspunkten und Partikularinteressen in das bestehende Stadtbild zu integrieren. Berücksichtigung findet in diesen Planungsprozessen auch die klimatische Situation des Stadtkörpers, um beispielsweise Effekten wie der Bildung, Ausweitung oder Verstärkung einer städtischen Wärmeinsel vorzubeugen oder entgegenzuwirken.

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Visualisierung und Aggregation stadtklimatisch relevanter Daten stellt die synthetische Klimafunktionskarte dar. Vorrangig werden hier Stadtstrukturen mit gleicher klimatischer Ausprägung, vor allem bezogen auf die thermische Situation, in Klimatope zusammengefasst. Zusätzlich werden besondere Klimafunktionen wie Luftleitbahnen, Filterfunktion des Waldes oder Kaltluftentstehungsgebiete hervorgehoben. Die rechnergestützte Darstellung der speziellen Klimafunktionen an dieser Stelle würde jedoch zu umfangreich ausfallen und ist deshalb nicht Thema dieser Arbeit. Aus diesem Grund wird im weiteren nur der Begriff Klimafunktionskarte, welcher ausschließlich die Darstellung der Klimatope beinhaltet, genutzt.

Zwangsläufig führt die Abbildung dynamischer Prozesse der bodennahen Atmosphäre in Kartenform zwar zu einer Generalisierung tatsächlicher Verhältnisse, dennoch bietet die synthetische Klimafunktionskarte ein ausreichend genaues Kommunikationsmittel zwischen Planung und Stadtklimatologie und trägt zum Verständnis der lokalklimatischen Besonderheiten bei.

In Abbildung 1 ist eine Übersicht der Klimagutachten der Ruhrgebietsstädte dargestellt. Hier wird ersichtlich, dass nur neun Kommunen über aktuelle Gutachten verfügen. Somit scheint allein in dieser Region ein nennenswerter Handlungsbedarf zu bestehen.

„Trotz der im Allgemeinen digital vorliegenden Grundlagendaten ist es wegen der Komplexität und insbesondere der zeitlichen Abhängigkeit der Eingangsgrößen bisher nicht möglich, eine „automatische“ Erstellung dieser Karten durchzuführen. Der Erfahrung und Fachkenntnis der Bearbeiter kommt deshalb eine große Bedeutung zu“ (Lohmeyer 2008: 3, vgl. Katzschner 2010). Hieraus wird ersichtlich, dass durchaus bedarf nach GIS-unterstützten Lösungen zur Erstellung von Klimafunktionskarten besteht. Ziel dieser Arbeit ist es, ein transparentes, gewichtetes Entscheidungssystem zur Darstellung unterschiedlicher Klimatope in einer hohen Auflösung vorzustellen.

Auf Grund der ausgeprägten Fähigkeiten im Bereich der Entscheidungsunterstützung (Decision Support) und der Bereitstellung zahlreicher analytischer Module scheint das Geoinformationssystem IDRISI, entwickelt durch die Clark Labs for Cartographic Technology and Ge-

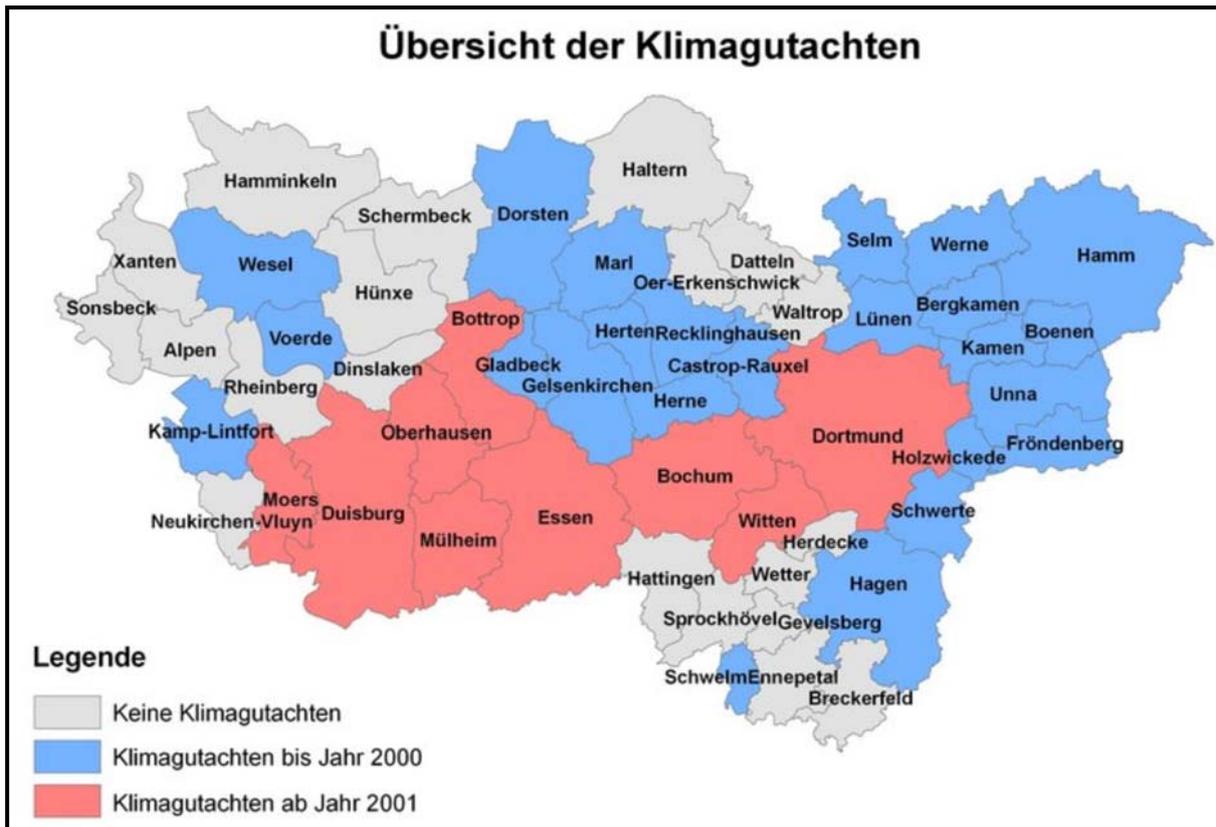


Abbildung 1: Übersicht der Klimagutachten der Ruhrgebietsstädte (Quelle: Regionalverband Ruhr)

ographic Analysis der Clark University (www.clarklabs.org), geeignet, zu einer Lösung der Problemstellung zu führen. Grundsätzlich sollte jedoch jedes GIS, welches in der Lage ist, Rasterdaten algebraisch zu verarbeiten, in der Lage sein, diese Aufgabe zu lösen. Da es sich hierbei um einen experimentellen Ansatz handelt, wird zu Vergleichszwecken mit den Daten der Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf gearbeitet (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995). Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in einer synthetischen Klimafunktionskarte zusammengefasst, welche in Ausschnitten zu Vergleichszwecken mit der berechneten Klimafunktionskarte verglichen wird.

Um zu einer Vergleichbarkeit mit der Klimafunktionskarte der Stadtklimaanalyse Düsseldorf aus dem Jahr 1995 zu gelangen, müssen analog die in Tabelle 1 erläuterten Klimatope berechnet und dargestellt werden.

2. Methodik

Die Klimafunktionskarte wurde in der Vergangenheit hauptsächlich mit manuellen Verfahren der Kartographie erstellt. Natürlich geschieht heute die grafische Aufbereitung auf digitalem

Wege. In diesem Bereich existieren potente Softwarelösungen wie das in die GIS-Familie einzuordnende MapInfo Professional; auch Bildverarbeitungsprogramme können genutzt werden. Die eigentliche Abgrenzung, vor allem der Klimatopbezirke, nimmt allerdings der Bearbeiter vor, hier bestimmen Erfahrung und subjektive Entscheidungen, wo die Klimatopgrenzen gezogen werden. Im Zuge der Verbreitung von GI-Systemen entstanden jedoch umfangreiche Datenbanken räumlicher Informationen bei staatlichen und kommunalen Trägern sowie privaten Unternehmen. Dieses Material befindet sich im besten Fall unter ständiger Fortschreibung oder zyklischer Aktualisierung. Zudem führt jede Nutzungserweiterung von GIS zu neuen, leicht verfügbaren Datensätzen. Je nach Arbeitsauftrag kann der Bearbeiter also auf ein reichhaltiges Datenportfolio zurückgreifen. Dieser Hintergrund gestattet die Fragestellung nach der Möglichkeit einer GIS-gestützten Erstellung der synthetischen Klimafunktionskarte.

2.1. Basisdaten

Da die Klimatope in ihrer Ausprägung stark an die jeweilige Flächennutzung gebunden sind, wird für die Abgrenzung dieser Bereiche eine Flächennutzungskarte benötigt. Im vorliegenden Fall kann auf eine Realnutzungskartierung des Stadtgebietes zurückgegriffen werden, bereitgestellt durch das Umweltamt der Landeshauptstadt Düsseldorf. Dieses Material deckt einen Großteil der benötigten Informationen ab. Hierzu gehören die Geschossigkeit der Baukörper, der Versiegelungsgrad und die Nutzungsgliederung. Erklärtes Ziel der Realnutzungskartierung Düsseldorf ist eine kleinräumige Darstellung des Stadtgebietes auf Grundlage der Flächeneinheit des Baublockes. Existieren innerhalb eines Baublo-

ckes unterschiedliche Nutzungstypen, so werden diese weiter differenziert, benachbarte Blöcke mit gleicher Nutzung werden zusammengefasst (Glebe 1994). Die Realnutzung ist in einem Dekadenschlüssel zu Haupttypen gegliedert und in 169 einzelne Grundtypen zerlegt.

Die Temperatursituation einer Stadt ist ein Abbild der Intensität und flächenmäßigen Verteilung der überwärmten Gebiete und der Wärmeinselzonen. Klimatopeinteilungen werden immer auch auf der Grundlage von Temperaturverteilungen durchgeführt. Da die Überwärmung des Stadtgebietes in der Nacht am deutlichsten ist, wird eine Karte der relativen nächtlichen Temperaturverteilung in die Auswertung einbezogen (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995). Diese Quel-

Tab.1: Klimatope (Quelle: Kommunalverband Ruhrgebiet 1992, Landeshauptstadt Düsseldorf 1995, eigene Darstellung)

Klimatop	Beschreibung	Klimatische Besonderheiten
Freiland	weitgehend unbebaute Flächen, meist landwirtschaftliche Nutzflächen und Gehölzflächen mit geringem Baumbestand	nächtliche Kalt- und Frischluftproduktion, Lufthygienisch bedeutsam für das Stadtgebiet, bioklimatisch günstig
Gewässer	Fließ- und Stillgewässer	gedämpfter Tagesgang der Lufttemperatur auf Grund thermischer Trägheit des Wasserkörpers, geringe Rauigkeit bedingt relativ höhere Windgeschwindigkeiten, Luftleitwirkung in Taleinschnitten, bioklimatisch günstig
Wald	Laub-, Nadel- und Mischwald, Aufforstungsgebiete	stark verminderte Ein- und Ausstrahlung im Stammraum, gedämpfter Tagesgang der Klimatelemente, chemische und physikalische Filterfunktion des Kronendaches, bioklimatisch günstig
Park	Rasenflächen und unterschiedlich dichter Baumbestand, meist innerhalb des Stadtkörpers	relativ starke nächtliche Abkühlung, geringe Wärmespeicherkapazität, bioklimatisch günstiger Entlastungs- und Erholungsraum
Dorf	lockere Bebauung mit hohem Durchgrünungsanteil, meist Einfamilienhäuser, geringer Versiegelungsgrad	gute Durchlüftung, kaum Wärmebelastung, meist günstige bioklimatische Situation
Siedlung	meist regelmäßige, lockere Bebauung, Hausgärten und Begrünung erhalten mittleren Versiegelungsgrad	Bebauungssituation bedingt wechselhafte Besonnungs- und Beschattungssituation, geringfügig beeinträchtigte Ausstrahlung, geringfügig beeinträchtigte bioklimatische Situation
Stadt	hoher Versiegelungsgrad, relativ hohe Gebäude, häufig Block- und Zeilenbebauung, geringer Vegetationsanteil	hohe Wärmespeicherkapazität, eingeschränkter Horizontwinkel, nächtliche Wärmeinsel, Lastraum
Innenstadt	sehr hoher Versiegelungsgrad, hohe bis sehr hohe Gebäude, geringer Vegetationsanteil	sehr hohe Wärmespeicherkapazität, eingeschränkter Horizontwinkel, Mehrfachreflexion in Straßenschluchten, ausgeprägte Wärmeinsel, Lastraum
Gewerbe	sehr hoher Versiegelungsgrad, heterogene, dichte Bebauungsstruktur	lufthygienische Beeinträchtigung, Lärmemission, unterschiedlich intensive Ausprägung der Wärmeinsel, Lastraum
Industrie	sehr hoher Versiegelungsgrad, heterogene, dichte Bebauungsstruktur	lufthygienische Belastung, thermische und akustische Belastung, hohe Wärmekapazität, intensive Wärmeinsel, ausgeprägter Lastraum

Tab. 2: Indizes und Eignungsgewichte für das Stadtklimatop (Quelle: eigene Darstellung)

Stadtklimatop		
Nutzungstyp	Index	Eignung
Landw. - bzw. Freifläche	1	0
Parkanlage	2	0
Waldfläche	3	0
Gewässer	4	0
sehr lockere Bebauung	5	0
lockere Bebauung	6	0
dichte Bebauung	7	255
sehr dichte Bebauung	8	204
Gewerbegebiet	9	0
Industriegebiet	10	0
Gleiskörper	11	0
allgemeine Verkehrsflächen	12	0
Straßenbegleitgrün	13	0
Brachen / andere	14	0
Versiegelung	Index	Eignung
sehr geringe	1	0
geringe	2	0
mittlere	3	0
starke	4	255
sehr starke	5	204
Geschossigkeit	Index	Eignung
ebenerdig	1	0
1-geschossig	2	0
2-geschossig	3	0
3-geschossig	4	102
4 bis 5-geschossig	5	153
6 bis 7-geschossig	6	204
8 bis 10-geschossig	7	255
> 10-geschossig	8	204
Temperaturklassen	Index	Eignung
+3,6 bis +4,5° C	1	0
+2,6 bis +3,5° C	2	255
+1,6 bis +2,5° C	3	153
+0,6 bis +1,5° C	4	0
-0,5 bis +0,5° C	5	0
-0,6 bis -1,5° C	6	0
-1,6 bis -2,5° C	7	0
-2,6 bis -3,5° C	8	0
-3,6 bis -4,5° C	9	0

le liefert die zusammengefassten Ergebnisse von zehn, durch das Geographische Institut der Ruhr-Universität Bochum durchgeführten, Messkampagnen sowie elf weiteren Messfahrten, für die der Kommunalverband Ruhrgebiet zuständig war. Dargestellt wird hier die relative nächtliche Temperaturverteilung im Stadtgebiet Düsseldorf in 2 Meter Höhe bei autochthoner Wetterlage, welche aus den Messfahrten anhand der Bebauungsstruktur und Topografie extrapoliert wird. Die Skala dieser Karte ergibt sich aus der Einteilung des maximal gemessenen Temperaturunterschiedes von 9 Kelvin in 9 Klassen von jeweils einem Kelvin Temperaturdifferenz (siehe Tabelle 2).

2.2. Aufbereitung der Basisdaten

Da, wie in dem folgenden Kapitel 2.3. erläutert, eine Gewichtung einzelner Bebauungsstrukturen nach ihrer Eignung für die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Klimatop vorgenommen werden muss, ist eine Vereinfachung des detailliert gegliederten Nutzungsschlüssels der Realnutzungskartierung vorzunehmen, da eine Gewich-

tung jeder einzelnen Realnutzungs-kategorie aufwendig und schwer einzuschätzen ist. Legt man die Einteilung der Bebauungs- und Nutzungsstrukturen des Stadtgebietes in klimarelevante Stadtstrukturen zu Grunde (Landeshauptstadt Düsseldorf 1995), gestaltet sich die Gewichtung wesentlich einfacher, die Zugehörigkeit der einzelnen Realnutzungs-klassen zu einer klimarelevanten Nutzungsart ist leichter abschätzbar als die direkte Gewichtung dieser Datensätze. Analog zu der Stadtklimaanalyse Düsseldorf werden die, der Tabelle 2 zu entnehmenden, klimarelevanten Nutzungstypen unterschieden. Der Datensatz der Realnutzungsart wird in IDRISI als Rasterkarte so dargestellt, dass jedem Bildpunkt der entsprechende Nutzungsschlüssel zugewiesen wird. Die Rasterkarte lässt sich nun reklassifizieren, jedem Pixel, als Repräsentant für eine spezifische Realnutzung, wird die entsprechende Identifikationsnummer (ID) der klimarelevanten Stadtstrukturen zugewiesen. Die Karten der Versiegelungsdichte und der Bebauungshöhe werden ebenfalls der Datenbank der Realnutzungskartierung ent-

nommen. Der Versiegelungsgrad ist, wie in Tabelle 2 dargestellt, in fünf Klassen angegeben, die Geschossigkeit wird durch sieben Klassen repräsentiert.

Die Karte der relativen nächtlichen Temperaturverteilung liegt im vorliegenden Anwendungsbeispiel als Papierkarte vor und muss digitalisiert werden. Da die Digitalisierungsfunktion in IDRISI wenig komfortabel ist, wird eine Umwandlung und Georeferenzierung in MapInfo vorgenommen. Während der Digitalisierung wird jedem Polygon entsprechend seiner Temperaturklasse eine ID zugewiesen und in einer verknüpften Datenbank gespeichert. Die Konvertierung in das IDRISI-Format kann mit Hilfe der implementierten Importfunktion vollzogen werden. Die Karte liegt nun in einem Vektorformat vor, die erzeugte Datenbank wird ebenfalls übernommen und durch eine Vektor-Link-Datei mit der Vektorabbildung verbunden. Aus dieser Datenbank lässt sich nun direkt die für die weitere Verarbeitung benötigte Karte im Rasterformat erzeugen. Damit ist jedem Bildpunkt die ID der entsprechenden Temperaturklasse zugewiesen worden. Diese Arbeitsschritte sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

2.3. Darstellung und Berechnung der Klimatope mit Hilfe des IDRISI Decision Support

Im Rahmen des IDRISI Decision Support unterscheidet man zwischen den Begriffen Kriterium, Ausschlussbedingung und Faktorbild. Das Kriterium ist die Grundlage einer Entscheidung. Es handelt sich um eine messbare oder durch politische und planerische Vorgaben bestimmbare Größe und definiert die Zugehörigkeit von Objekten oder Eigenschaften zu bestimmten Alternativen. Kriterien lassen sich in zwei Gruppen gliedern, es kann sich um Faktoren (Factors) oder Einschränkungen bzw. Ausschlusskriterien (Constraints) handeln.

Faktoren bestimmen den Grad der Eignung eines Kriteriums für eine bestimmte Alternative. Hierzu werden Faktoren in eine kontinuierliche Skala eingeteilt. Innerhalb der IDRISI-Umgebung reicht diese Skala von 0 (keine Eignung) bis 255 (höchste Eignung), repräsentiert also in der Informatik den Datentyp Byte.

Ausschlussbedingungen bestimmen genau, ob ein Kriterium sich für eine bestimmte Alternative eignet. In der grafischen Darstellung handelt es

sich um logische Bool'sche Bilder, in welchen der Wert 1 für eine Nutzbarkeit steht, wohingegen der Wert 0 das zugeordnete Areal von einer Eignung ausschließt. Eignungs- bzw. Faktorkarten, welche im Zuge der Kartenalgebra mit einem Bool'schen Bild multipliziert werden, behalten natürlich in Pixeln mit dem Wert 1 ihren Ursprungswert, wohingegen die Multiplikation mit 0 dem entsprechenden Pixelwert keine Eignung zuschreibt.

Zur Lösung des vorliegenden Problems eignet sich die Multi-Kriterienauswertung (Multi Criteria Evaluation, MCE), welche in IDRISI durch das Decision Support Modul zur Verfügung gestellt wird. Die MCE evaluiert mehrere Kriterien bezogen auf ein bestimmtes Objekt. Das Objekt beschreibt hier das jeweilige Klimatop, als Kriterien werden die Eingangsdaten, also die Nutzungstypen, der Versiegelungsgrad, die Gebäudehöhe und die Temperaturverteilung verstanden. Das Decision Support Modul liefert grundsätzlich mehrere Ansätze zur Multi-Kriterienanalyse, deren Erläuterung an dieser Stelle jedoch zu weit führen würde. Als geeignet zur Lösung des vorliegenden Problems stellt sich die gewichtete lineare Kombination (Weighted Linear Combination, WLC) dar. Bei dieser Methode werden Faktorbilder zu einer gemeinsamen numerischen Skala standardisiert und über eine gewichtete Mittelwertbildung der Form

$$S = \sum w_i x_i \cdot \Pi c$$

mit

S = Eignungsgrad

w_i = Gewicht des Faktors i

x_i = Kriterienwert (0 -255) des Faktors i

Πc = Produkt der Constraints

miteinander kombiniert. Da sich die Gewichte zu 1 summieren, entspricht der Wertebereich der Ausgabebilder denen der Eingabe (Eastman 2003).

Aus der Beschreibung der Klimatope in Tabelle 1 lässt sich ableiten, dass sich die Klimatope in zwei Gruppen einteilen lassen. Die, bezogen auf die zu vollziehende digitale Abgrenzung der Klimatope, einfache Gruppe setzt sich aus dem Freiland-, Gewässer-, Wald-, Park- und dem Gewerbe- bzw. Industrieklimatop zusammen. Diese Klimatope sind an Areale gebunden, welche in der Realnutzungskartierung definiert sind. Damit

sind sie diesem Datensatz bzw. der Einteilung in klimarelevante Stadtstrukturen direkt zu entnehmen. In diesen Fällen genügt eine einfache Reklassifizierung, in welcher die Nutzungstypen dem jeweiligen Klimatop zugeordnet werden. Es handelt sich entsprechend der zuvor dargestellten Definition um Bool'sche Bilder. Jedes dieser Klimatope wird zunächst in einem separaten Rasterbild gespeichert. Auf die gleiche Weise werden Verkehrsflächen und Brachen behandelt. Diese Strukturen werden in der zu Grunde liegenden Klimaanalyse nicht als eigenständige Klimatope behandelt, sind in der Realnutzungskartierung jedoch als Klassen ausgewiesen. Aus diesem Grund lassen sie sich nicht in die bestehenden Klimatope einordnen und müssen als eigenständige Klassen ausgewiesen werden.

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Klimatopbestimmungen lassen sich die Bereiche Innenstadt-, Stadt-, Siedlungs- und Dorfklimatop nicht über ein einfaches Verfahren ermitteln. Es handelt sich hierbei um Bereiche mit potenziell unscharfen Grenzen. Die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Klimatop lässt sich nicht anhand eines Kriteriums bestimmen. Um eine Auswahl mit Hilfe der MCE treffen zu können, muss für jedes der vier potenziellen Klimatope ein Faktorbild mit Bezug auf die vier Kriterien Nutzungstyp, Geschossigkeit, Versiegelungsgrad und relative nächtliche Temperaturverteilung erstellt werden. Somit werden 16 Faktorbilder benötigt, die jedem Pixel einen Nutzungswert von 0 bis 255 zuweisen. Der Grad der Eignung für ein bestimmtes Kriterium ergibt sich aus der Definition der jeweiligen Klimatope. Die vorliegenden Kriterien stellen diskrete Klassen dar, aus diesem Grund wird die Eignungsklassifizierung mit Hilfe der genannten Klimatopbeschreibungen manuell durchgeführt. Diese wird in den Stufen 0 (keine Eignung), 51 (sehr geringe Eignung), 102 (geringe Eignung), 153 (mittlere Eignung), 204 (hohe Eignung) und 255 (sehr hohe Eignung) vollzogen. Da der Grad der Eignung, welche die Zugehörigkeit der betrachteten Elemente zu einem bestimmten Klimatop beschreibt, abgeschätzt werden muss, erscheint eine genauere Abstufung nicht sinnvoll. Die Klasseneinteilung der Kriterien samt Eignungsgrad ist in der Tabelle 2 für das Stadtklimatop dargestellt.

Die Durchführung der WLC für jedes der vier erwähnten Klimatope liefert entsprechend vier

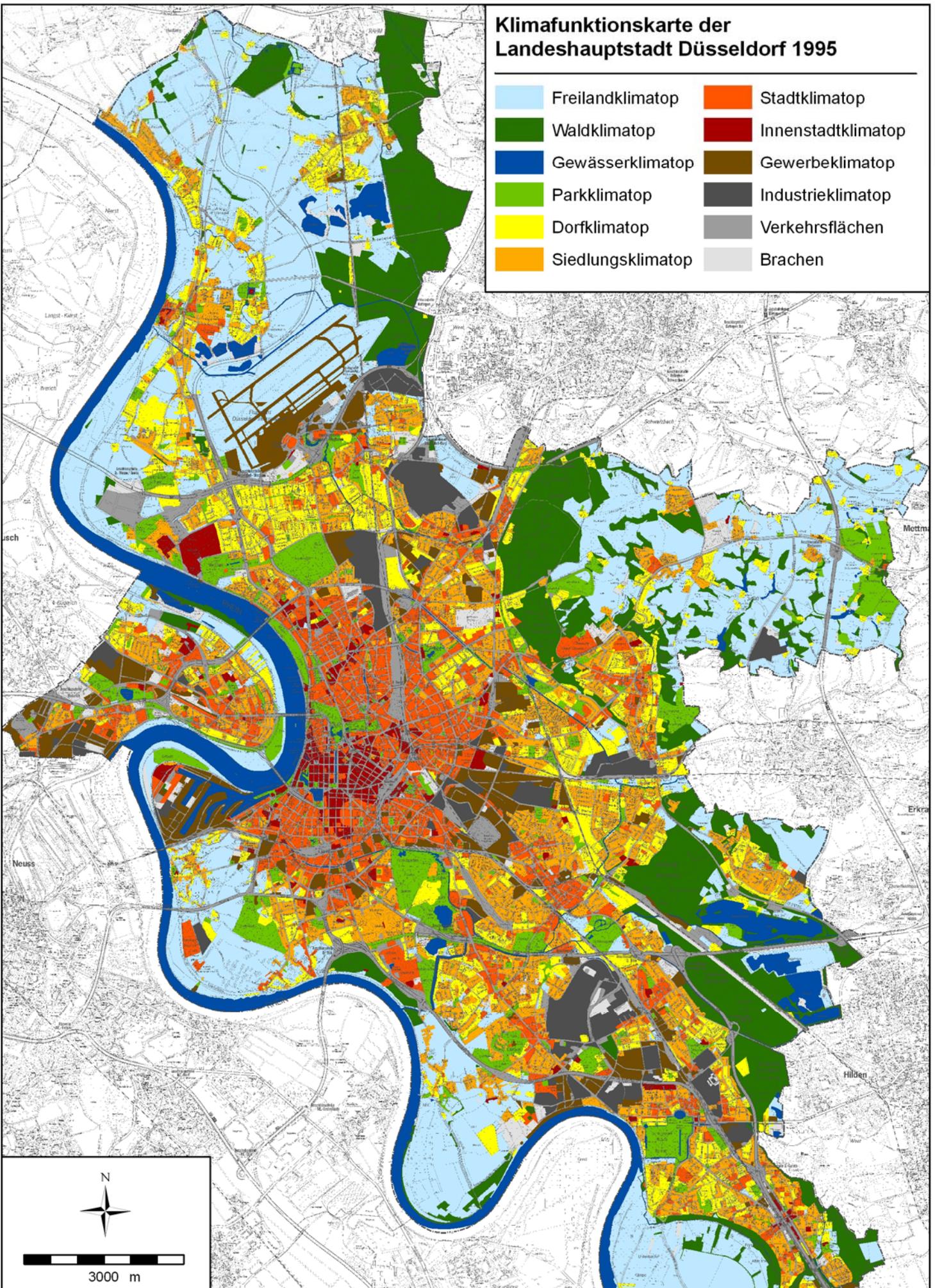
Rasterdatensätze, die für jeden Pixel die potenzielle Eignung für das jeweilige Klimatop angibt. Diese müssen abschließend zu einer Rasterkarte zusammengefügt werden. Die Entscheidung, welches Klimatop bevorzugt wird, wenn derselbe Bildpunkt eine Eignung für mehrere Klimatope beinhaltet, wird über den höchsten vorkommenden Kriterienwert getroffen, somit wird das Klimatop, welches den höchsten Eignungswert aufweist, dem entsprechenden Bildpunkt zugewiesen. Abschließend müssen die zuvor als Bool'sche Bilder erzeugten Klimatope dieser Karte hinzugefügt werden. Das Ergebnis stellt die endgültige, berechnete Verteilung der Klimatope dar (siehe Abbildung 3).

3. Ergebnis

Vergleicht man das Ergebnis der berechneten Klimafunktionskarte mit der manuell erstellten Variante aus dem Jahr 1995 fällt der wesentlich höhere Detailgrad der GIS-Version auf (siehe Abbildung 3 und 4). Die originale Klimafunktionskarte neigt zu einer drastischen Generalisierung in der Klimatopdarstellung. Da die Datengrundlage der Realnutzungskartierung relativ hoch aufgelöst ist, werden in der Berechnung die Klimatope deutlich differenzierter ausgebildet. Hier wird ersichtlich, dass die strenge Klimatopeinteilung eigentlich heterogener betrachtet werden muss. So können einzelne Stadtgebiete zwar von einem bestimmten Klimatop dominiert werden, dennoch können auch Siedlungsflächen des Dorf- oder Siedlungsklimatopes einen verdichteten Kern aufweisen, welcher eher in eine der stärker belasteten Klassen einzuordnen ist. Vor allem im Vergleich der Detailansicht des Innenstadtbereiches wird deutlich, dass die stark ausgeprägte Wärmeinsel des Innenstadtklimatopes eine andere Abgrenzung besitzt (siehe Abbildung 5 und 6). Die Bebauungsstrukturen und die relative nächtliche Temperaturverteilung bedingen in der Berechnung eine tropfenförmige Erweiterung dieses Gebietes in südlicher Richtung. Diese erhöhte Darstellungsgenauigkeit ist ein Vorteil der GIS gestützten Klimatopkarte. Deutlich wird jedoch auch, dass offensichtliche Fehler in dieser Variante existieren. So sind unter anderem die Flächen des Dorf- und Siedlungsklimatopes innerhalb des Volksgarten, welcher als Parkklimatop beschrieben wird, nicht korrekt. Hier wird ersichtlich, dass bei der Reklassifizierung der Re-

Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Düsseldorf 1995

- | | | | |
|---|-------------------|---|--------------------|
|  | Freilandklimatop |  | Stadtklimatop |
|  | Waldklimatop |  | Innenstadtklimatop |
|  | Gewässerklimatop |  | Gewerbeklimatop |
|  | Parkklimatop |  | Industrieklimatop |
|  | Dorfklimatop |  | Verkehrsflächen |
|  | Siedlungsklimatop |  | Brachen |



3000 m

Bearbeitung: Dipl.-Geogr. Jörg Eggenstein
Quelle: Landeshauptstadt Düsseldorf 1995

Abb. 3: Berechnete Klimafunktionskarte (Quelle: eigene Darstellung)

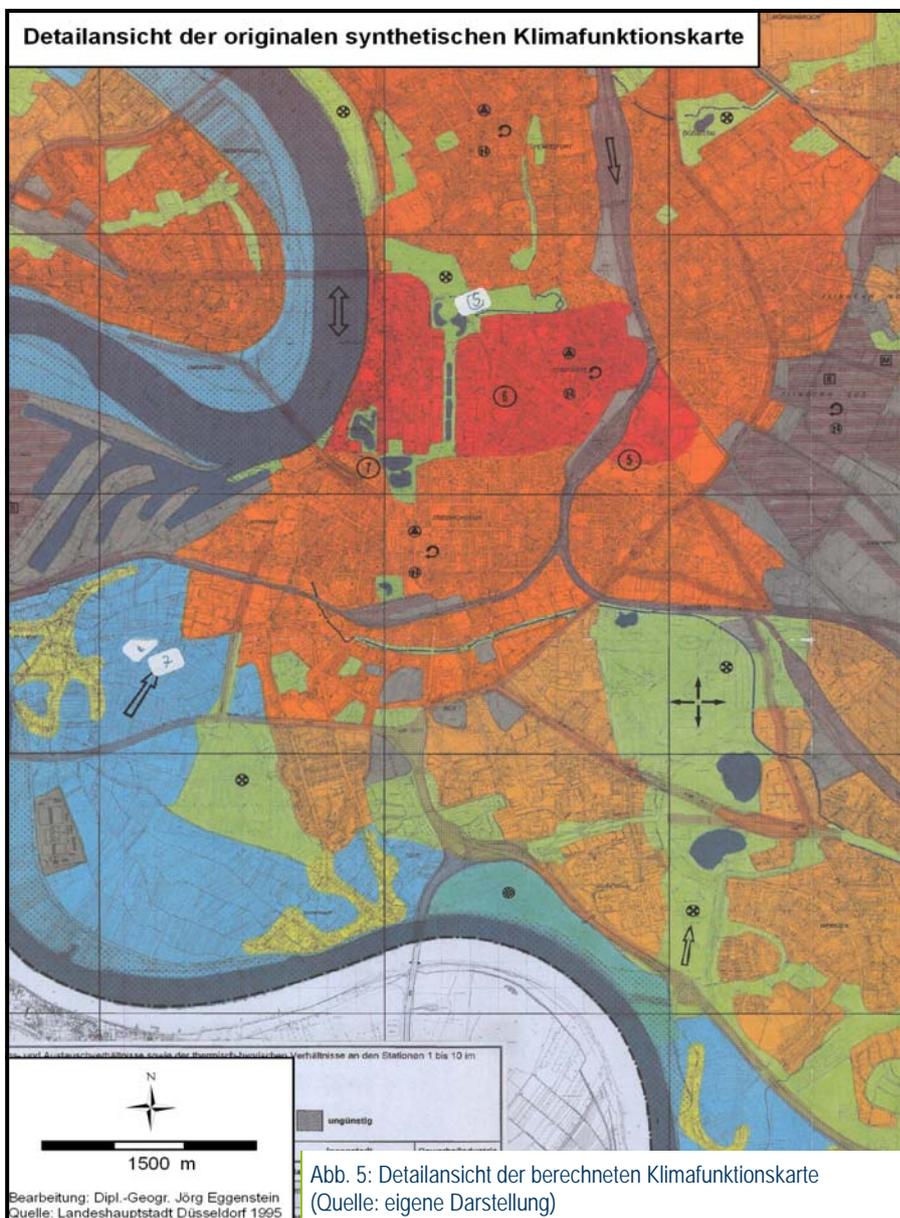
alnutzungsarten sehr sorgfältig vorgegangen werden muss. Eine Überprüfung der Karte auf Plausibilität ist unbedingt erforderlich, Fehler können durch eine anschließende Neuordnung der Realnutzungsschlüssel behoben werden. Dennoch können im Stadtgebiet Strukturen auftreten, die ausschließlich Ortsbedingt eine andere Klimatopzuordnung tragen müssten. Als Beispiel sei hier das in Abbildung 5 erkennbare Zentrum des Innenstadtklimatopes genannt. Die dort erkennbaren Gebiete der Klasse Stadtklimatop sind nicht plausibel, die Flächen sind zu klein, um an dieser Stelle diese Klassifikation zu rechtfertigen. Die Gewichtung der Kriterien kann jedoch nicht so weit verschoben werden, dass diese Areale automatisch der höheren Klasse zugeordnet werden, ohne an anderer Stelle Fehler zu produ-

zieren. Deshalb müssen bestimmte Flächen einer manuellen Korrektur unterzogen werden. Insgesamt finden sich die von der Originalkarte vorgegebenen Strukturen allerdings gut in der berechneten Karte wieder.

Um die Übersichtlichkeit der berechneten Klimafunktionskarte zu erhöhen bietet IDRISI die Möglichkeit, Rasterdatensätze nach einem definierbaren Mindestgrößenkriterium der Flächen zu generalisieren. Die Größe der Flächen, die bei der Generalisierung erhalten bleiben sollen, also nicht einem angrenzenden Klimatop zugewiesen werden, muss sorgfältig gewählt werden, da ansonsten erhebliche Ungenauigkeiten auftreten können. Als Beispiel seien hier die Verkehrsflächen angeführt, die zwar linienhaft in Erscheinung

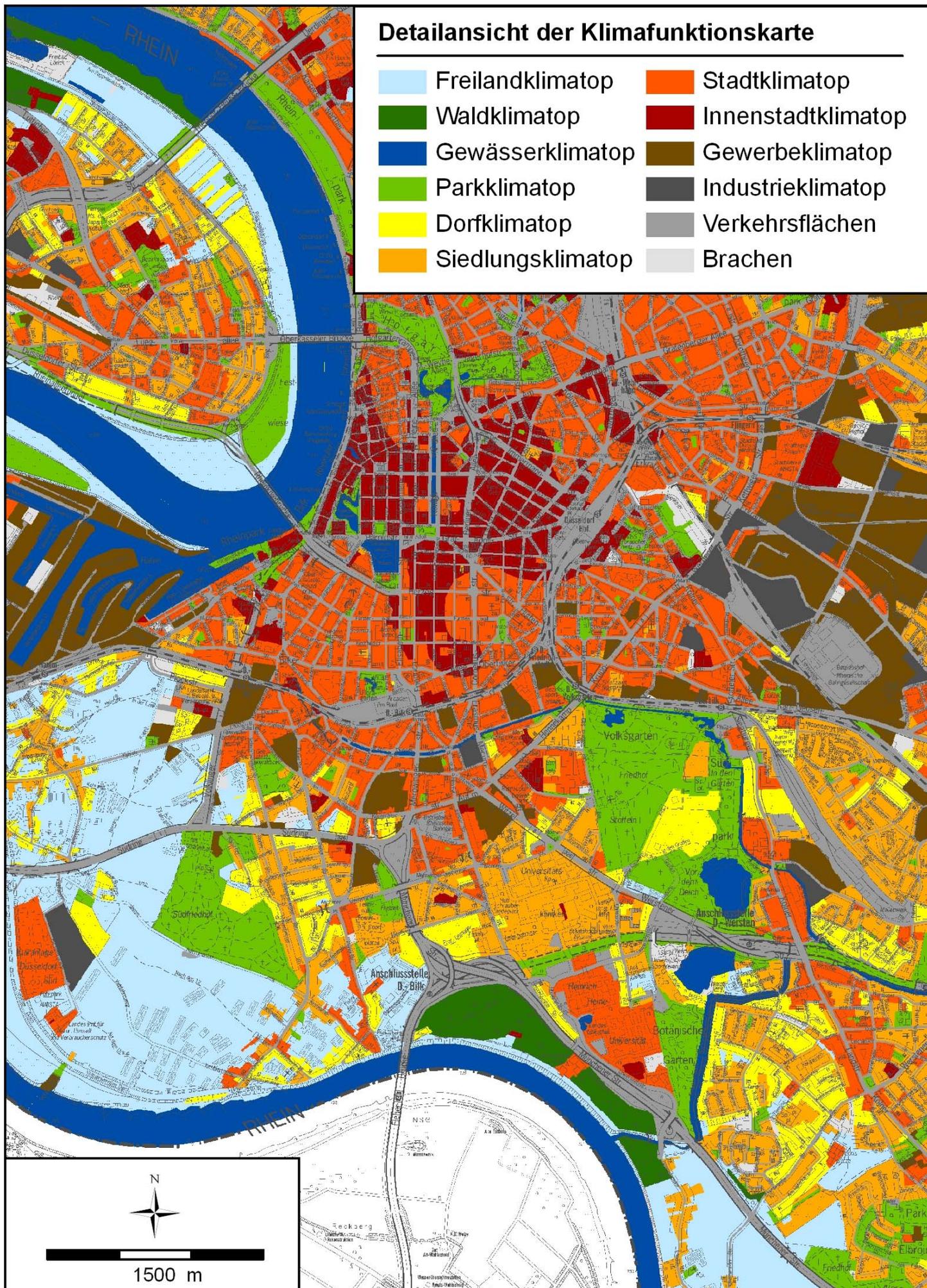
treten, auf Grund der hohen Vernetzung jedoch eine große Flächenzahl besitzen. Somit könnten angrenzende Klimatope mit kleiner Flächenzahl fälschlich dieser Klasse zugewiesen werden.

Die hier vorgestellte Berechnung der Klimafunktionskarte zeigt, dass GI-Systeme auch im Arbeitsfeld der Stadtklimatologie ein effektives Werkzeug darstellen. Mit einer relativ einfachen Vorgehensweise kann die Abgrenzung der Klimatope überprüfbar und realistischer dargestellt werden.



Detailansicht der Klimafunktionskarte

- | | | | |
|---|-------------------|---|--------------------|
|  | Freilandklimatop |  | Stadtklimatop |
|  | Waldklimatop |  | Innenstadtklimatop |
|  | Gewässerklimatop |  | Gewerbeklimatop |
|  | Parkklimatop |  | Industrieklimatop |
|  | Dorfklimatop |  | Verkehrsflächen |
|  | Siedlungsklimatop |  | Brachen |



Bearbeitung: Dipl.-Geogr. Jörg Eggenstein
 Quelle: Landeshauptstadt Düsseldorf 1995

Abb. 6: Detailansicht der synthetischen Klimafunktionskarte der Landeshauptstadt Düsseldorf (Quelle: Landeshauptstadt Düsseldorf 1995, verändert)

4. Fazit

Die Übertragung von Aufgaben der räumlichen Analyse an GI-Systemen hat ihr volles Potenzial noch nicht erschlossen. Es wurde gezeigt, dass auch Fragestellungen mit stadtklimatologischem Hintergrund mit einem Werkzeug wie IDRISI bearbeitet werden können. Da die Bestandteile einer Klimafunktionskarte sehr verschiedene analytische Anforderungen stellen, ist die Eignung dieser Software zu diesem Zweck unterschiedlich ausgeprägt. Im Bereich der Klimatopbildung lassen sich plausible und detaillierte Ergebnisse erzielen. Vor allem an bestimmte Nutzungstypen oder einer Kombination aus diskreten Kriterien gebundene Klimafunktionen lassen sich gut modellieren.

Der relativ hohe Zeitaufwand der anfänglichen Datenaggregation für ein bestimmtes GI-System aus unterschiedlichen Quellen mündet in einer kohärenten Datengrundlage, welche eine gute Basis für die Fortführung der Klimafunktionskarte darstellt und letztendlich zu einer Zeitersparnis in folgenden Bearbeitungen führt. Durch die Festlegung eines einheitlichen Analyseansatzes können subjektive Einflüsse und zu grobe Generalisierungen reduziert werden. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Möglichkeit, Planungsszenarien zu modellieren und auf ihre stadtklimatischen Beeinflussungen zu überprüfen.

Im Bezug auf die Faktorerstellung existiert eine gewisse Entscheidungsunsicherheit. Diese setzt sich aus der Datenbankunsicherheit, also der Frage nach der Fehlerfreiheit der Datenbasis und einem Risiko bei der Klasseneinteilung und Zuweisung der Eignungsgrade im Umfeld der Klimatopbildung zusammen. Für die Bereitstellung der Faktoren ist somit eine fundierte Kenntnis stadtklimatologischer Prozesse wünschenswert.

Weiterentwicklungsmöglichkeiten der dargestellten Methode ergeben sich potenziell aus der Erweiterung der genutzten Basisdaten, beispielsweise durch die Einbeziehung von Thermalbefliegungen. Zusätzlich könnten verbindliche Regeln für die Eignungsgewichte die Übertragbarkeit aus dem hier vorgestellten Beispielraum auf andere Gebiete gewährleisten. Die Übersichtlichkeit der berechneten Klimafunktionskarte lässt sich durch eine automatisierte Generalisierung erhöhen. Allerdings ist hierbei ein sensibles Vorgehen zur Vermeidung einer zu hohen Fehlerrate gefragt.

Literatur

EASTMAN, J.R. (2003): IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing, Worcester.

CLARK LABS, CLARK UNIVERSITY (2009): Ohne Titel. URL: <http://www.clarklabs.org/>, zuletzt geprüft am 01.12.2010

GLEBE, G. (1994): Ermittlung, Kartierung und Digitalisierung der Realnutzungskarte der Landeshauptstadt Düsseldorf. Anmerkungen, Düsseldorf.

KATZSCHNER, L. ET AL (2010): Klimafunktionskarte Zweckverband Raum Kassel 2009 mit Zukunftsprognosen. URL: http://www.zrk-kassel.de/pdf/ZRK_Textlicher_Teil.pdf, zuletzt geprüft am 01.12.2010

KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (HRSG.) (1992): Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet, Essen.

LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF. DER OBERSTADTDIREKTOR (HRSG.) (1995): Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf, Essen.

LOHMEYER, A. (2008): Lohmeyer aktuell. Klimafunktions- und Planungshinweiskarten. URL: <http://www.lohmeyer.de/lohakt20/ausgabe20.pdf>, zuletzt geprüft am 01.12.2010

REGIONALVERBAND RUHR (HRSG.) (O.J.): Klimagutachten zum Stadtklima. URL: <http://www.metropoleruhr.de/regionalverbandruhr/umweltfreiraum/klima/stadtklima/klimagutachten.html>, zuletzt geprüft am 01.12.2010

Autor:

Dipl.-Geogr. Jörg Eggenstein
Arbeitsgruppe Klimaforschung
Geographisches Institut
Ruhr-Universität Bochum

E-Mail: joerg.eggenstein@rub.de



Namensnennung-NichtKommerziell-Keine Bearbeitung
Sofern nicht anders angegeben, stehen die Texte dieser Seite unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0 DE Lizenz

RATING URBAN STREAMS

Application of the bonus-malus Algorithm

ARTIKEL

Abstract: In consequence of their urban settings urban waters are often eminently degraded. The purpose of urban river restoration is to improve the ecosystem and to increase the quality of life in urban areas and the economic value of the land adjacent to the river. To ensure successful river restoration projects adapted assessment and management methods are needed. The suitability of existing methods often lack due to different reasons like using insufficient calculation algorithms and reference conditions. Therefore a new assessment approach to evaluate the ecological and sociocultural situation of urban streams with a bonus-malus algorithm was developed. The new assessment approach provides an evaluation in five classes due to the requirements of the Water Framework Directive. In this article the developed assessment approach and the exemplarily application at the river Pader in Paderborn (Germany) are described more detailed.

River development with a focus on ecological restoration became very common in the last years. However river restoration in urban areas is still in the early stages (Kaiser 2005). The main purpose of urban river restoration is to improve the ecosystem and to increase the quality of life in urban areas (DWA 2009). In order to measure, evaluate, map and monitor the ecological and socio-cultural quality of urban waters adaptive assessment and management methods are needed. Existing practices to evaluate the hydromorphologic state of rivers have been mainly designed for rural areas and usually they are not suitable for urban river stretches (DVWK 2000). The suitability often lacks due to an inappropriate reference condition and socio-cultural issues are not considered (König et al. 2009). Several existing methods are based on simple rating algorithms, such as the arithmetic averaging (LAWA 2000; Urban River Survey-Boitsidis & Gurnell 2004).

In the framework of a research project at the Karlsruhe Institute of Technology a new assessment approach was developed. This method ensures an adequate survey and assessment of structural diversity, aquatic passability and socio-cultural aspects for urban river stretches based on a fixed number of characteristics.

The presented method is suitable for urban river stretches with different size. 30 characteristics, describing the inventory of the river and its surrounding are mapped on site and documented in a field sheet; available at www.research-community.eu/user/s1e1/

Aufnahmebogen.pdf. Based on this field sheet the assessment is calculated by the bonus-malus algorithm regarding to its river type specific reference condition (Engels et al. 2010). According to the EU-Water Framework Directive the results of the assessment are grouped into five categories of quality. The assessment of single characteristics is feasible as well as a combined assessment of content related modules.

The Engelssian bonus-malus algorithm was tested and optimized at several urban river stretches in Germany with different size and belonging to different river types. As an example rating the river Pader in Paderborn (Germany) is presented in the chapter "Results and Discussion".

Methods

Three rating parts are considered to get a holistic evaluation of urban streams: "Structural diversity" evaluates the ecological aspects of the river (figure 1, left), "aquatic passability" the continuity for aquatic organism (figure 1, center) and "socio-cultural aspects" the integration of the stream in its urban environment and the recreation value for the population (figure 1, right). The existence of diverse habitats can be derived from a river type specific high structural diversity and aquatic passability. A statement of the quality of existing biocenosis can be made in combination with methods rating the biological and chemical water quality.

Due to the fact that rivers of the potamal and rhithral naturally differ from each other, e.g in



Fig. 1: Examples of structural diversity at the river Losse (Kassel, Germany), missing aquatic passability at the river Murg (Forbach, Germany) and socio-cultural aspects at the river Wupper (Wuppertal, Germany) (from left to right). (Source: Engels 2009)

substrate diversity, variance in water depth, diversity of currents and type of substrate, river rating is type sensitive. Therefore rivers are classified in types which depend on gradient, geology and bed material (Hütte 2000). With respect to that six different river types are distinguished, to allow a sufficient distinction: For streams of the rhithral with a high gradient there are the two types “rhithral silicatic” and “rhithral carbonatic” depending on its geology. Streams of the potamal with a low gradient are classified by their bed material in “potamal gravelly”, “potamal sandy”, “potamal loamy” and “potamal organic” (Engels 2009).

The assessment method is based on the calculation of the difference between the actual state of the river and its type specific reference condition. Therefore one reference condition for each river type is defined. In contrast to other methods, the reference conditions of this method consider urban restrictions to get a more realistic evaluation of the urban river stretches, e.g. limited space. However an adverse evaluation which could result in a discouragement for restoring urban waters is avoided (König 2009).

The bonus-malus algorithm by Engels consists of three steps. In the first step each characteristic is rated. Subsequently the single ratings of the characteristics belonging to the same group of characteristics are aggregated (figure 2). This step is repeated to summarize the aggregated ratings of each group of characteristics to an overall rating for each rating part. Finally these ratings are transferred into the five class assessment.

In the first step of the rating algorithm a rating scalar for each characteristic within the range [-1, 1] is calculated by multiplication of the interpretation vector and the raw data vector

(see figure 3). Each element of the binary raw data vector represents a checkbox of the corresponding characteristic on the field form. It equals 1 if and only if the state is observed and therefore the checkbox is checked. The interpretation vector contains the ratings for each possible state of the characteristic, using numerical values within the range [-1, 1], and is the result of applying the interpretation function on the degrees of fulfillment, which are for their part equidistant, numerical representations of

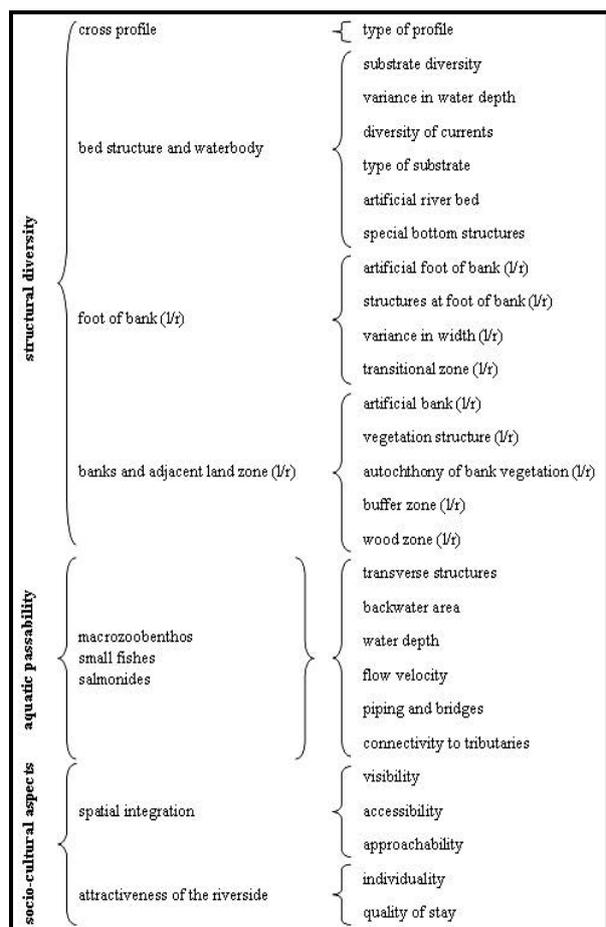


Fig. 2: Hierarchy with the rating parts (top), groups of characteristics (center) and characteristics (bottom); (l/r) indicates that the left and right riverside are rated separately. (Source: Engels 2009)

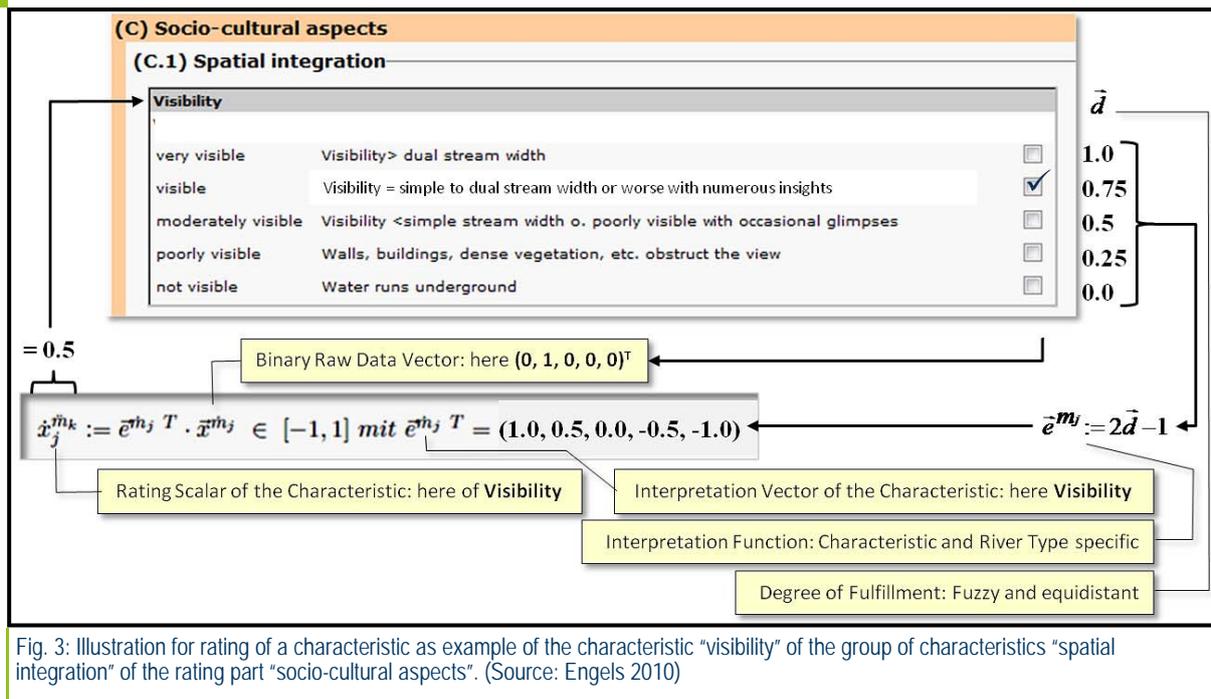


Fig. 3: Illustration for rating of a characteristic as example of the characteristic "visibility" of the group of characteristics "spatial integration" of the rating part "socio-cultural aspects". (Source: Engels 2010)

ordinal scaled states.

By multiplying the interpretation vector and the raw data vector only the observed state within all possible states is rated for the corresponding characteristic within the range $[-1, 1]$. Poor states of the rating scalar are rated as malus expressed by negative numbers and good states are rated as bonus, expressed by positive values. Due to this it is possible to compensate boni and mali by an additive aggregation (Engels 2009).

The second step of the bonus-malus algorithm is an aggregation step. A normalized addition was defined to aggregate ratings of characteristics belonging to the same group of characteristics (Engels 2009). Specially, the normalized addition contains several weighting and normalization steps (see figure 4).

The weighting function g weights characteristics differently and the normalization steps guarantee that the results are comparable and always within the range $[-1, 1]$. The aggregation step is repeated to aggregate ratings of groups of characteristics to a rating for each of the three rating parts structural diversity, aquatic passability and socio-cultural aspects.

In the finalization step a class for each rating part is calculated out of the results of step two by a transformation function. This is necessary because the European Water Framework Directive demands assessment classes within the

range $[1, 5]$ but the results of the aggregation step are within the range $[-1, 1]$ due to the bonus-malus principle. The best grade is 1, whereas 5 is the worst grade. It should be mentioned that the algorithm rating the aquatic passability differs slightly from the one to rate the structural diversity and the socio-cultural aspects. In the case of aquatic passability a compensation of bonus and malus is not useful. The evaluation method to rate the continuity of a river is explained in Engels 2009. Nevertheless, the rating of the aquatic passability results in a class within the range $[1, 5]$.

This new rating method was tested on different urban river stretches varying in type, size and urbanization. The river stretches were rated by the bonus-malus algorithm (Engels 2009). Exemplarily the results of the river Pader will be discussed more detailed and compared with qualitative impressions in the field because its stretches have shown a huge variety in urban restrictions as well as in quality. The river Pader rises out of many karst springs in the town center of Paderborn. The eight rated stretches of the river Pader have a length of 950 m in total. The three rating parts are rated by an assessment class between 1 and 5. Each group of characteristics of the rating parts structural diversity and socio-cultural aspects is rated with a scalar between -1 and 1 due to the bonus-malus principle. The aquatic passability is very

$$\ddot{x}_k^b = \oplus_{j=1}^J \dot{x}_j^{\ddot{m}_k}$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^J g_j \left(\frac{\dot{x}_j^{\ddot{m}_k} - \dot{x}_j^{\ddot{m}_k(\min)}}{\dot{x}_j^{\ddot{m}_k(\max)} - \dot{x}_j^{\ddot{m}_k(\min)}} \right) - \sum_{j=1}^J \min(g_j)}{\sum_{j=1}^J \max(g_j) - \sum_{j=1}^J \min(g_j)} \cdot (\ddot{x}_{k(\max)}^b - \ddot{x}_{k(\min)}^b) + \ddot{x}_{k(\min)}^b$$

\dot{x} : rating of a characteristic
 \ddot{x} : rating of a group of characteristics
 $\ast_{(\min)}/\ast_{(\max)}$: minimum / maximum of image set
 $\min(g_j)/\max(g_j)$: minimum / maximum of the weighting function g_j

b : rating part (e.g. socio-cultural aspects)
 k : group of characteristics (e.g. spatial integration)
 j : characteristic (e.g. visibility)
 g_j : weighting of the characteristic j in contrast to the other characteristics of the same group of characteristics

Fig. 4: Normalized addition to aggregate ratings of characteristics; summarization of weighting and normalization steps. (Source: Engels 2009)

good if it has the value zero. The higher the value is, the worse the river stretch is passable for aquatic organism.

Results and Discussion

The rating of the river Pader is an example that the developed evaluation method is able to depict the ecological and socio-cultural state of an urban river stretch accurately (Engels et al. 2010). The results of the rating of the stretches 1, 4 and 7 are shown in table 1 and discussed more detailed in the following.

Stretch 1 starts at one of the springs of the Pader and is located near the cathedral of Paderborn (figure 5, left). A few hundred meters downstream in stretch 4 the river has the character of an artificial channel (figure 5, center). In stretch 7 the Pader is restored and flows through a park (figure 5, right).

The structural diversity is poor in stretch 1 and 4 due to artificial banks. Only in stretch 7 there are many hydromorphologic structures like variety in river depth and width, isles and natural vegetation on the banks. The aquatic passability is less important as the other rating parts because the spring of the river is in the town

Tab. 1: Example results for rating parts and groups of characteristics for the river stretches 1, 4 and 7 of the urban stream Pader (Paderborn, Germany). (Source: Engels et al. 2010)

Group of characteristics / rating part (\blacktriangleleft)	Stretch 1	Stretch 4	Stretch 7
cross profile	- 0.5	- 0.5	+ 1.0
bed structure and waterbody	+ 0.7	+ 0.5	+ 0.9
foot of bank (left)	- 0.6	- 0.9	+ 0.9
foot of bank (right)	+ 0.6	- 1.0	+ 0.9
banks and adjacent land zone (left)	- 0.8	- 0.6	+ 0.5
banks and adjacent land zone (right)	- 0.3	- 1.0	+ 0.2
\blacktriangleleft structural diversity	\blacktriangleleft 4.0	\blacktriangleleft 4.8	\blacktriangleleft 1.6
passability for macrozoobenthos	30	220	0
passability for small fishes	31	311	0
passability for salmonides	31	311	0
\blacktriangleleft aquatic passability	\blacktriangleleft 3	\blacktriangleleft 5	\blacktriangleleft 1
spatial integration	+ 0.8	+ 0.1	+ 1.0
attractiveness of the riverside	+ 1.0	- 0.8	+ 0.7
\blacktriangleleft socio-cultural aspects	\blacktriangleleft 1.2	\blacktriangleleft 4.6	\blacktriangleleft 1.3

center. Therefore no natural habitats which are located upside the town have to be reached by aquatic organism. Nevertheless it is remarkable that stretch 7 has a very good aquatic passability. The socio-cultural aspects are rated very well in stretch 1 in contrast to the structural diversity due to an attractive environment of the river. Additionally, people can get in direct contact with the water. In stretch 4 the Pader is not

characteristics of the socio-cultural aspects, e.g. accessibility and individuality.

These examples show the importance of rating ecological and socio-cultural aspects of urban streams differentiated: Although the structural diversity is poor rivers can be an enrichment for people living in urban areas, as shown for stretch 1 of the Pader. The presented rating method evaluates these two functions of an urban



Fig. 5: Stretches 1 (left), 4 (center) and 7 (right) of the river Pader in Paderborn (Germany). (Source: Engels 2009)

accessible and surrounded by concrete buildings. Therefore the socio-cultural assessment results in a high assessment class. In stretch 7 a very good grade for the socio-cultural aspects because of the attractive park environment completes the very good rating for this stretch.

The rating results of these river stretches matches very good with the qualitative impressions in the field: The impression of stretch 1 is that the environment with historical buildings, seatings and a good view on the Pader is very attractive. Accordingly, the rating part socio-cultural aspects is rated very good with grade 1.2, deriving from the very good rated characteristics quality of stay, individuality and visibility. The impression as well as the rating of the structural diversity of this stretch 1 is poor; among others no natural banks can be found. At stretch 4 the qualitative impression in the field is significant worse because it looks like an artificial channel. This is also expressed by a very negative rating for this stretch for all rating parts. In opposite to all previous stretches, stretch 7 has been restored and gives the impression of a natural river with a variety of structures. Due to this and the attractive environment the ecological characteristics (e.g. diversity of currents, variety in width and structures at the foot of banks) are rated very good as well as the

stream separately so that a controversial rating of the structural diversity and the socio-cultural aspects is possible. Ratings of urban rivers from 5.0 (very bad) to 1.0 (very good) are realized by this rating method, shown for stretch 4 and 7. In contrast, methods that were not designed for streams with urban restrictions never rate urban rivers with the best possible grade, because for example of their definition of the reference condition using the natural state without any human impact.

The attention of the developed rating method on the one hand devotes on the choice of characteristics which are able to map real states of urban streams for the focused rating parts. The experience of application shows that all important characteristics of urban streams observed in the field are considered in the field form. Nevertheless further tests will show if there are missing characteristics which are essential for rating and therefore have to be added. On the other hand the focus of the presented rating method is on developing a correct and transparent rating algorithm that allows comparability of different river stretches. The correctness follows from a strictly mathematical based algorithm that does not need any exceptions. Not least, different stretches are comparable, because no

characteristics are excluded so that the results are always based on the same set of characteristics. The way of rating characteristics is transparent using interpretation functions. Without to change the rating algorithm these interpretation functions as well as the weighting functions are adaptable if results of further research will it consider necessary in future.

Conclusion and Outlook

Due to the special conditions of urban river stretches a new assessment approach was developed evaluating the structural diversity, aquatic passability and socio-cultural aspects. This new assessment approach including the bonus-malus algorithm was applied to rate several urban streams. The results of all rated rivers that are very different in size, river type and degree of urbanization can be found in Engels 2009. A differentiated rating of urban streams is possible as different aspects are regarded by the three rating parts. The example of the Pader shows on the one hand that even if a river stretch is rated poor from the ecological point of view, the socio-cultural aspects can be

rated well if people living in the town can benefit from it. On the other hand stretch seven got low grades for all rating parts demonstrating that it is possible to combine ecologic and socio-cultural aspects. In contrary to existing evaluation methods the Engelssian bonus-malus algorithm for urban streams rates river stretches with respect to their urban restrictions. In the process of river restoration it helps to define deficits and plan target oriented. In contrast to other assessment methods the high spatial resolution and the utilization of an adequate reference condition in the developed assessment method avoids a negative rating determined by the assessment system. Success of river restoration projects can be shown easily and due to the five class assessment required by the Water Framework Directive the results can be used by administrative bodies.

For further application more urban streams have to be rated by the bonus-malus algorithm, especially before and after implementation of restoration measures. A comparison with existing evaluation methods is desirable to identify and evaluate differences in the results.

AutorInnen:

Dipl.-Geoökolog. Sarah Engels
Geographisches Institut
Ruhr-Universität Bochum

Email: sarah.engels@rub.de

Dipl.-Ing. Frauke König
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Universität Karlsruhe

Email: frauke.koenig@kit.edu

Dipl.-Ing. Boris Lehmann
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Universität Karlsruhe

Email: boris.lehmann@kit.edu

Prof. Dr. Franz Nestmann
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Universität Karlsruhe

Email: franz.nestmann@kit.edu



Namensnennung-NichtKommerziell-Keine Bearbeitung

Sofern nicht anders angegeben, stehen die Texte dieser Seite unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0 DE Lizenz

Literatur

BOITSIDIS, A., GURNELL, A. (2004): Environmental Sustainability Indicators For Urban River Management. URL: www.smurf-project.info, Accessed: 28 July 2006.

DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V.) (2000): Gestaltung und Pflege von Wasserläufen in urbanen Gebieten. DVWK-Merkblatt 252/2000.

DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V.) (2009): Entwicklung urbaner Fließgewässer. Teil 1: Grundlagen, Planung und Umsetzung. Merkblatt DWA-M 609-1 .

ENGELS, S. (2009): Bewertung urbaner Fließgewässer. Weiterentwicklung eines neuen Bewertungsansatzes (engl.: Rating of Urban Streams. Further Development of a New Rating Approach). Unpublished Diploma thesis. Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Water and River Basin Management, Karlsruhe. Available at: www.research-community.eu/user/s1e1/Diplomarbeit_Engels_20090720.pdf. Accessed 21 September 2010.

ENGELS, S., KÖNIG, F., LEHMANN, B., NESTMANN, F. (2010): Rating of urban streams with a bonus-malus algorithm. Conference: 8th International Symposium on Ecohydraulics, Korea. Available at: www.research-community.eu/user/s1e1/Rating_of_Urban_Streams_with_a_Bonus-Malus_Algorithm_Engels_ISE_20100913_FINAL-PAPER.pdf. Accessed 29 November 2010.

ENGELS, S.(2010): Rating of urban streams with a bonus-malus algorithm. Conference Presentation on 8th International Symposium on Ecohydraulics, Korea. Available at: www.research-community.eu/user/s1e1/Rating_of_Urban_Streams_with_a_Bonus-Malus_Algorithm_Engels_ISE_20100913_FINAL-PRESENTATION.pdf. Accessed 29 November 2010.

HÜTTE, M. (2000): Ökologie und Wasserbau – Ökologische Grundlagen von Gewässerverbauungen und Wasserkraftnutzung, Berlin.

KAISER, O.(2005): Bewertung und Entwicklung urbaner Fließgewässer. Culterra 44: Schriftenreihe des Instituts für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

KÖNIG, F., LEHMANN, B., NESTMANN, F. (2009): Assessment of urban rivers based on hydraulic data. Conference: 7th International Symposium on Ecohydraulics, Chile.

LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland - Verfahren f. kleine und mittelgroße Fließgewässer. Empfehlung Oberirdische Gewässer, Kulturbuch Verlag GmbH, Schwerin.

STEPHANIE GSCHREI

MONSTERWELLEN

Vom Seemannsgarn zur aktuellen Forschung

STATE OF
THE ART

Zusammenfassung: Der Artikel befasst sich mit der chronologischen Abfolge der Forschungsergebnisse im Bereich Monsterwellen. Angefangen bei einer mathematisch-physikalischen Erklärung des Auftretens anormaler Wellen, basierend auf der mathematischen Berechnung des Seegangs in den 1950er Jahren, die die Grundlage für alle weiteren Forschungen darstellt. Daraus folgt die weitere Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse über die Definition, die Entstehung und die besondere Anatomie von Monsterwellen. Zudem werden die Gefahren dargestellt, die von Monsterwellen auf die Schifffahrt ausgehen. Im Hinblick auf die aktuelle und zukünftigen Forschung auf dem Gebiet der Monsterwellen wird das Projekt MaxWave vorgestellt, in dessen Zusammenhang neue Methoden zur frühzeitigen Erkennung von Monsterwellen sowie die Entwicklung eines Frühwarnsystems für die Schifffahrt stehen.

Stichworte: Monsterwellen, Schifffahrt, Frühwarnsystem, *MaxWave*, *WaveAtlas*

Einleitung

In den letzten Jahren tauchte in der Wissenschaft wiederholt das Wort `Monsterwelle` auf. Es handelt sich hierbei um Oberflächenwellen im Ozean von anormaler Größe und Form. Ein Phänomen, welches von vielen Wissenschaftlern noch bis Mitte der 1990er Jahre als Seemannsgarn abgetan wurde. Bereits seit Mitte der 1960er Jahre beschäftigten sich wenige Forscher mit dem Thema Monsterwellen (Draper 1965), aber erst seit Mitte der 1990er Jahre konnte durch die zufällige Aufzeichnung einer solchen Welle wissenschaftlich bewiesen werden, dass Monsterwellen wirklich existieren (Schmitz-Eggen 2006). Mittlerweile ist der Stand der Forschung so weit vorangeschritten, dass versucht wird, ein Frühwarnsystem zu entwickeln. Einen Überblick über die bisherigen Erkenntnisse und die voranschreitende Forschung im Bereich Monsterwellen gibt dieser Artikel.

Methodik

Die Grundlage dieses Artikels, welcher auf einer Masterarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum basiert, bildet eine umfassende Literaturrecherche in weltweiten Datenbanken sowie in wissenschaftlichen Zeitschriftenreihen.

Ergebnis

Die mathematische Beschreibung des Seegangs

Zum allgemeinen Verständnis und zum Anwenden von verschiedenen Theorien erarbeiteten die Wissenschaftler in den 1950er Jahren eine rein mathematische Beschreibung des Seegangs. Diese Grundlagen ließen sich später auch auf das wissenschaftlich zu erforschende Thema Monsterwellen anwenden. Es wird vermutet, dass sich bei gleichen Bedingungen (Windgeschwindigkeit, Verhältnis Lufttemperatur zur Wassertemperatur, Größe des Seegebiets, usw.) das Wasser immer ähnlich verhalten müsste (Kinsman 1965). Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Schwankungen der Meeresoberfläche statistischen Gesetzen unterliegen. Diese Gesetzmäßigkeiten ergeben, dass der Seegang eine Zufallsfunktion mit Gauss'scher Normalverteilung ist (Dietrich et al. 1975). Studien haben gezeigt, dass es allerdings auch vereinzelte Wellenzüge geben kann, die nicht den Kriterien der Gauss'schen Normalverteilung entsprechen. In einem Wellenlabor wurden dazu entsprechende Experimente durchgeführt, später auch auf dem offenen Meer. Werden die Wellen durch starke Impulse ausgelöst, sind sie fast immer höher als die Wellen, die theoretisch nach der Gauss'schen Normalverteilung auftreten sollten (Mori, Yasuda 2002). Statistisch gesehen passiert dies nur 1 Mal bei 10.000 Einzelwellen. Die theoretische Welle wird mit der linearen Schrödingergleichung be-

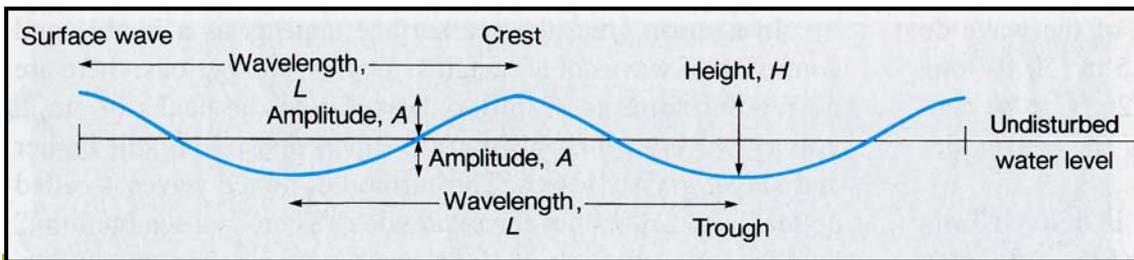


Abb. 1: Anatomie einer idealen Oberflächenwelle (Quelle: Sverdrup et al. 2005)

schrieben (Schrödinger 1926). In den 1960er Jahren entwickelte der Mathematiker und einer der weltweit bedeutendsten Wellenforscher Al Osborne eine nichtlineare Form der Schrödingergleichung, um Hochseewellen zu beschreiben. Mit der nichtlinearen Form der Gleichung ist es den Wissenschaftlern möglich, Aussagen über das Verhalten von Wellen in Bezug auf die Entwicklung von Monsterwellen machen zu können. Die nichtlineare Form der Schrödingergleichung sagt aus, dass über der Tiefsee häufiger extrem hohe Wellen vorkommen, als die lineare Wellentheorie vermuten lässt. Laut dieser Gleichung können sich auf einer hypothetischen Wasseroberfläche plötzlich einzelne Riesenwellen herausbilden. Es sind gewöhnliche Wellen, die aus einem noch ungeklärten Grund ihre Stabilität verloren haben und sich zu Wellen von extremer Höhe entwickeln. Diese Welle kann auf eine solche Höhe anwachsen, weil sie die Energie von ihren beiden nächsten Nachbarn nimmt. (Osborne et al. 2000). Die anderen Ozeanographen verwarfen diese Theorie allerdings. Keiner der Wellenforscher glaubte damals, dass solche Wellen existieren konnten.

Oberflächenwellen im Ozean

Oberflächenwellen entstehen normalerweise durch Wind, der über das Wasser weht und dabei die Bewegungsenergie der Luft auf das Wasser überträgt. Die Höhe der Wellen ist abhängig von drei Faktoren: Windgeschwindigkeit; Zeit, die der Wind andauert sowie die Länge der Entfernung, die der Wind über das Wasser weht (Sverdrup et al. 2005). Voraussagen zum Seegang sind so möglich. Eine ideale, sinusförmige Oberflächenwelle sieht wie in Abbildung 1 dargestellt aus.

Mythos „Monsterwelle“

Bei Monsterwellen handelt es sich um anormale Oberflächenwellen. Anormale Oberflächenwel-

len im Ozean sind Wellen, die nicht mit den regulären physikalischen, mathematischen und statistischen Verfahren erklärt werden können. Monsterwellen werden auch als Freak waves oder Rogue waves bezeichnet. Auf den Ozeanen verschwinden häufig Schiffe und Boote, deren Verbleib ungeklärt bleibt. Die Reedereien der Erde verlieren im Durchschnitt in jeder Woche ein Schiff auf hoher See (Schmitz-Eggen 2006). Oftmals wird dieses spurlose Verschwinden auf menschliches Versagen oder einen Defekt am Schiff abgetan. Auch kehren immer wieder Seeleute zurück, die über Wellen berichten, deren Ausmaß sie bisher noch nie bei anderen Wellen erlebt haben. Ein Zitat von Ronald Warwick, dem Kapitän der „Queen Elizabeth 2“ lautet wie folgt: „Aus dem Dunkeln kam diese große Mauer aus Wasser. Ich habe nie zuvor in meinem ganzen Leben eine so große Welle gesehen [...]. Es sah enorm aus [...]. Es sah so aus, dass man meinen musste, vor uns befand sich eine große Klippe“ (Schmitz-Eggen 2006, o.S).

Anormale Wellen vor der Süd-Ost Küste von Südafrika

In den 1960er und 1970er Jahren gab es häufig Augenzeugenberichte über das Auftreten anormaler Wellen vor der Süd-Ost Küste von Südafrika. Dies ließ lange Zeit vermuten, dass Monsterwellen hauptsächlich in dieser Region auftreten. Die Wellen vor der Süd-Ost Küste Südafrikas sind nicht allein abhängig von den lokalen Windverhältnissen, sondern ebenfalls von den Wellen, die vom Südlichen Ozean herankommen. Die Wellen, die im Bereich der Küste entstehen sind kürzer und steiler. Überlagerung der unterschiedlichen Wellen führt zu einem Anstieg der Höhe. Für die Bildung der anormalen Wellen war zu diesem Zeitpunkt nach wissenschaftlicher Ansicht der Zusammenhang der meteorologischen Gegebenheiten, der hohen Windlauf-

ge, des besonderen Reliefs des Ozeanbodens und des Agulhasstroms verantwortlich (Mallory 1974). Das Rätsel 'Monsterwelle' schien gelöst! Für Vorkommnisse von anormalen Wellen vor der Süd-Ost Küste Südafrikas verwendeten die Wissenschaftler ab dem Zeitpunkt das Wort „Monsterwelle“.

Vorkommen von Monsterwellen in anderen Regionen der Erde

In den 1970er Jahren gab es einige bedeutende Vorfälle in anderen Regionen der Erde, die denen von der Süd-Ost Küste Südafrikas sehr ähnelten. Es gab mehrere Augenzeugenberichte bzw. zerstörte Schiffe und Offshore-Anlagen, die aufgrund intensiver Nachforschungen in Zusammenhang mit dem Auftreten von Monsterwellen gebracht werden konnten. Damit konnte belegt werden, dass Monsterwellen nicht nur in bestimmten Gebieten vorkommen können, sondern global verteilt (Lavrenov 1998). Die bedeutendsten Unglücke ereigneten sich im Nordatlantik ('MS München') und im Atlantik (Offshore-Anlage 'Ocean Ranger') während starkem Seegang und plötzlich auftauchender sehr hoher Wellen (Schmitz-Eggen 2006).

Aktuelle wissenschaftliche Betrachtung von Monsterwellen

Im Jahre 1995 gelang zum ersten Mal die wissenschaftliche Aufzeichnung einer Monsterwelle, der sog. „Neujahrswelle“ (Liu, Pinho 2004). Dies gelang zufällig durch Messgeräte, die an der

Draupner-Plattform in der Nordsee befestigt waren (Schmitz-Eggen 2006). Am 1. Januar 1995 befand sich ein Tiefdruckgebiet über Südschweden welches starke Nord-Winde über der Nordsee verursachte, die Hurricane-Niveau erreichten. Die Messgeräte registrierten eine signifikante Wellenhöhe von 11 bis 12 Metern. Die signifikante Wellenhöhe (H_s) ist ein statistisches Maß für den Seezustand. Diese erhält man, wenn man über einen bestimmten Zeitraum die Höhe jeder Einzelwelle misst. Das höchste Drittel wird gemittelt, der so ermittelte Wert entspricht der signifikanten Wellenhöhe (Sverdrup et al. 2005). Unter diesen Umständen war mit einer maximalen Wellenhöhe von 20 m zu rechnen (Haver 2003). Allerdings tauchte plötzlich eine Einzelwelle mit einer Höhe von 25,6 m auf.

Die Aufzeichnung der „Neujahrswelle“ (vgl. Abb.2) sah genauso aus, wie Osborne es in den 1960er Jahren vorausgesagt hatte und entsprach genau einer seiner Lösungen für die nichtlineare Schrödingergleichung! Nach Osbornes Theorie gibt es also zwei unterschiedliche Arten von Wellen: Die stabile, lineare Welle und die instabile, nichtlineare Welle. Seit dem Aufzeichnen der „Neujahrswelle“ ist die Nichtlinearität von Wasserwellen anerkannt. Die „Neujahrswelle“ gab Anstoß zu weiteren und genaueren Untersuchungen von Monsterwellen.

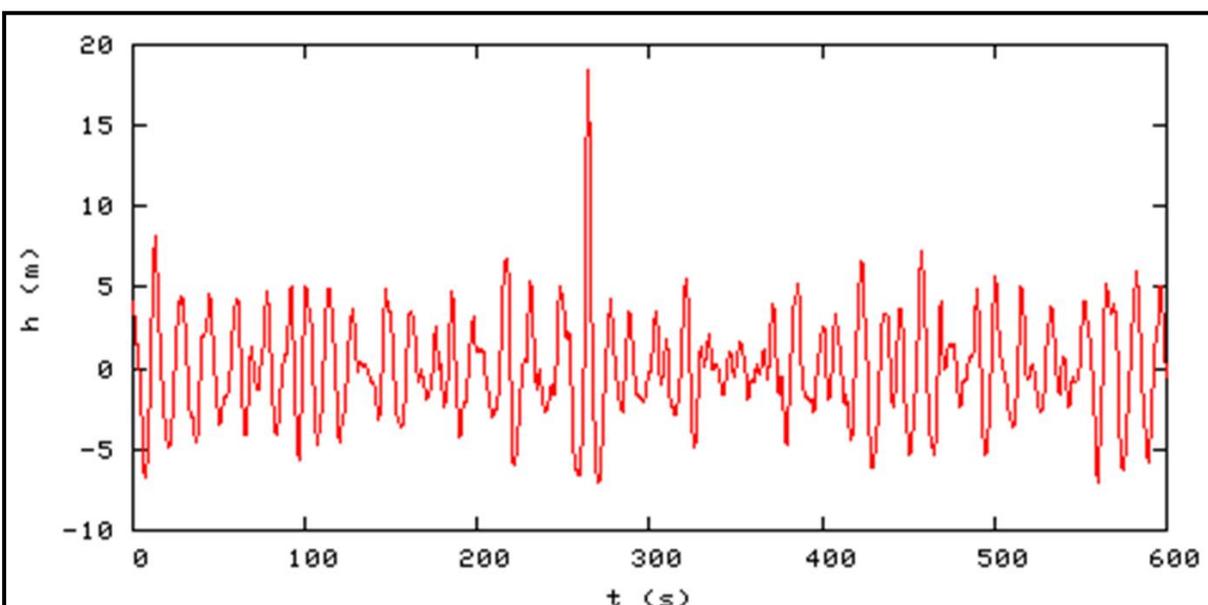


Abb. 2: Die Messwerte der „Neujahrswelle“ (Quelle: Socquet-Juglard 2005)

Entstehung von Monsterwellen

Um als Monsterwelle klassifiziert zu werden, muss die Welle mindestens doppelt so hoch sein, wie die signifikante Wellenhöhe: $H_f > 2,2H_s$ (Kjeldsen 1993). Ein wichtiges Merkmal von Wasserwellen ist es, dass diese wie Lichtwellen gebrochen oder gebeugt werden, wenn sich ihre Geschwindigkeit zeitlich oder räumlich ändert (Yeom, Eggleton 2007). Das Brechen bzw. Beugen von Wasserwellen führt zur Fokussierung von Energie. Die Wellengeschwindigkeit verändert sich je nach Wassertiefe oder durch veränderliche Strömungsfelder. Mit Hilfe dieser Theorien wurde herausgefunden, dass mögliche Ursachen für die Fokussierung von Wellenenergie und Entstehung von Monsterwellen folgende sein können:

- räumliche und/oder zeitlich veränderliche Strömung.
- Beugung oder Brechung, also Krümmung oder Umlenkung von Wellen an Sandbänken bzw. Untiefen.
- Diffraktion, wenn Wellen auf Untiefen oder Inseln treffen und sich dadurch die Wellenenergie neu verteilt.
- Zusammentreffen und Überlagerung von Wellen unterschiedlicher Frequenz sowie Richtung (Schmitz-Eggen 2006).

Die letzte Theorie ist bei der Erforschung von Monsterwellen sehr entscheidend. Die Theorie der nichtlinearen Überlagerung, auch „Huckepackmodell“ genannt, wird als häufigster Entstehungsgrund für Monsterwellen genannt (vgl. Abb.3). Die Theorie sagt aus, dass sich Wellen mit kurzen, mittleren und langen Perioden aufgrund ihrer individuellen Geschwindigkeit an einem Ort vereinigen und so eine einzige, überdurchschnittlich hohe Welle entstehen kann. Die unterschiedlichen Wellenhöhen addieren sich nicht nur, sondern werden auch steiler und gewinnen an Kraft und Volumen (Schmitz-Eggen 2006). Auf diese Weise kann es zur Entstehung einer Monsterwelle kommen.

Anatomie

Monsterwellen unterscheiden sich in ihrer Form von normalen Wellen (vgl. Abb.4): Sie sind neben ihrer überdurchschnittlichen Höhe auch besonders steil (fast keine Schrägung bis zum Wellenkamm), zudem sind sie sehr breit und brechen auch in ihrer gesamten Breite. Sie werden flankiert von einem vorausgehenden und einem nachfolgenden sehr tiefen Wellental (Nickerson 1993).

Arten des Auftretens

Bis jetzt sind drei Arten des Auftretens von Monsterwellen bekannt: Der „Kaventsmann“, hierbei handelt es sich um eine überdurchschnittlich hohe Einzelwelle, die „Drei Schwestern“, drei aufeinanderfolgende, überdurchschnittlich hohe Einzelwellen und die „Weiße Wand“, eine hohe, extrem breite Einzelwelle, die sich durch weißen Schaum an der Vorderseite auszeichnet (Schmitz-Eggen 2006). Monsterwellen sind relativ kurzlebig. Sie laufen nicht, wie normale Wellen, weite Strecken über den Ozean, sondern existieren nur für höchstens ein paar Minuten (Lechuga 2006). Danach verflachen sie sich wieder, wenn sie nicht vorher gebrochen sind.

Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Monsterwelle

Wissenschaftler gehen davon aus, dass Monsterwellen weitaus häufiger vorkommen, als frühere Berechnungen ergeben haben. Laut diesen Berechnungen liegt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer anormalen Welle bzw. Monsterwelle gerechnet auf 100 Wellen bei 3,3 %. Neuere Experimente haben allerdings ergeben, dass die Wahrscheinlichkeit bei 13 % liegt (Mori 2004).

Der Einfluss von Wind auf Monsterwellen

Vermutet wird, dass besonders Wind einen starken Einfluss hat auf die Bildung von Monsterwellen.

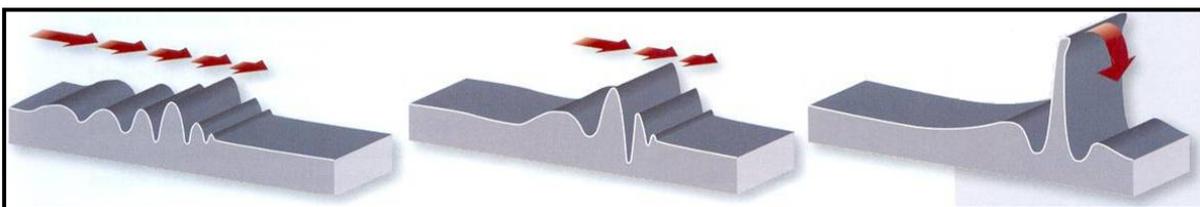


Abb. 3: Entstehung einer Monsterwelle durch Überlagerung verschiedenartiger Wellen (Quelle: Schmitz-Eggen 2006, bearbeitet)

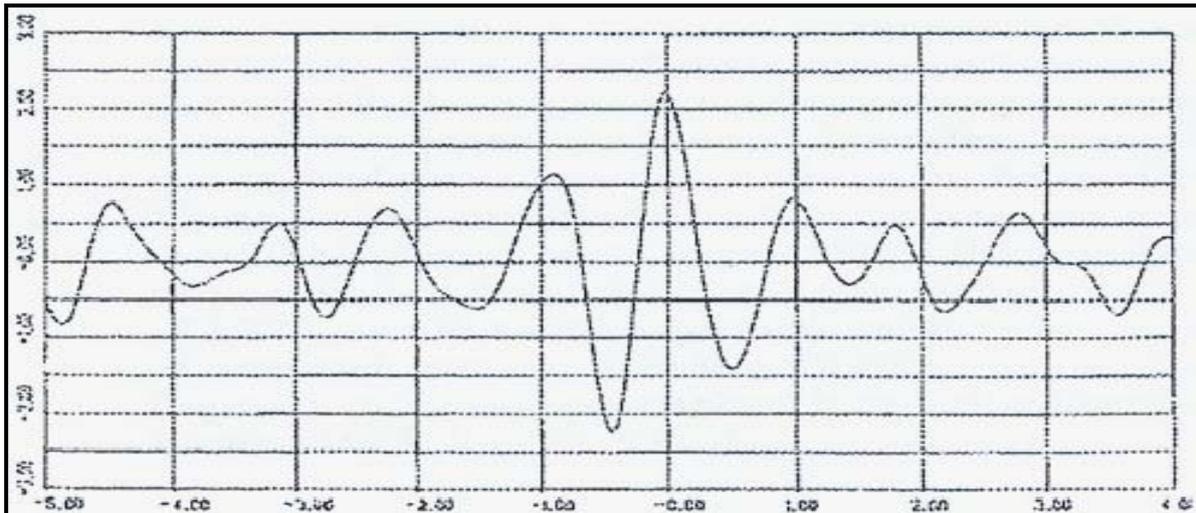


Abb. 4: Form einer Monsterwelle (Quelle: Nickerson 1993, bearbeitet)

len. Gründe für die Entwicklung von Monsterwellen könnten lang anhaltende, starke Stürme sein. Hurricanes, Tornados und Gewitterfronten werden oft als Ursache herangezogen. In einem Labor wurde der Einfluss von Wind im Zusammenhang mit dem Auftreten von Monsterwellen experimentell und numerisch erforscht. Zur Entstehung von Monsterwellen kommt es fast ausschließlich, wenn im Vorfeld starke Winde lange auf die Wasseroberfläche eingewirkt haben (Janssen 2002). Die Experimente und numerischen Simulationen bestätigen also das, was die Wissenschaftler lange Zeit vermuteten: Starker Wind hat einen positiven Einfluss auf die Entstehung sowie die Höhe und Dauer von Monsterwellen.

Der Einfluss von Monsterwellen auf die Schifffahrt

Die größte Gefahr stellen Monsterwellen für die Seefahrt dar, da diese meist auf dem offenen Meer vorkommen. Da lange Zeit das Phänomen Monsterwelle als nicht wissenschaftlich erwiesen galt, gab es für die Reedereien keinen Grund, an den bestehenden Schiffbauplänen etwas zu ändern. Doch seitdem die Wissenschaft das Existieren von Monsterwellen bestätigte, müssen die Schiffsbauer umdenken und ihre Schiffe neu konstruieren. Eine besondere Gefahr für die Schiffe besteht weniger durch die Größe dieser Art von Wellen, sondern mehr durch ihre steile Flanke. Aufgrund der Eigenträgheit eines Schiffes kann es diese nicht einfach überfahren wie eine normale Welle, sondern wird von ihr überrollt. Eine

kurze Wellenlänge kombiniert mit vorauslaufenden und/oder nachfolgenden langen Wellentälern kann beim Überwinden der Welle zum Durchbruch des Schiffes führen (Schmitz-Eggen 2006). Hochseegängige Containerschiffe und Spezialfrachter sind bis jetzt so konstruiert, dass sie signifikante Wellenhöhen von bis zu 16,5 m überstehen, ein Wert, der sich auf statistisch berechnete Daten stützt, jedoch das Auftreten von Monsterwellen nicht berücksichtigt. Die Kraft, die eine Monsterwelle entwickelt, ist wesentlich höher als bei einer normalen Welle. Eine Monsterwelle kann Kräfte entwickeln, die mit bis zu 100 Tonnen/m² auf das Schiff auftreffen. Gewöhnliche Schiffe sind aber nur für eine Einwirkung von rund 15 Tonnen/m² gebaut. Belastungen von 100 Tonnen/m² durchschlagen die Schiffswand und können das Schiff zum kentern bringen (vgl. Abb.5)(Stutz 2004).

Aus Kostengründen sind viele Reedereien nicht bereit, ihre Schiffe umzubauen. Die Begründung liegt darin, dass es keine gesicherten Erkenntnisse darüber gibt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Monsterwelle ist, bzw. in welchen Gebieten sie auftreten. Den Forschern ist es zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, Monsterwellen sicher vorherzusagen und die Reedereien sind noch nicht in der Lage, vollkommen sichere Schiffe zu konstruieren.

So kommt es auch in der heutigen Zeit häufig zu schweren Schiffsunglücken, deren Ursache das Zusammentreffen mit einer Monsterwelle ist. Prominente Beispiele hierfür sind die 'Bremen', welche im Februar 2001 im Süd-

Atlantik von einer Monsterwelle zerstört wurde sowie die `Caledonian Star`, die im März desselben Jahres ebenfalls im Süd-Atlantik von einer Monsterwelle getroffen wurde (Schmitz-Eggen 2006).

Das Projekt MaxWave

Die Entwicklung eines Frühwarnsystems ist besonders für die Schifffahrt von enormer Wichtigkeit. Es wurden deshalb Projekte ins Leben gerufen, bei denen Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen zusammenarbeiten. Von 2000 bis 2003 lief das Projekt MaxWave, ein interdisziplinäres Projekt, welches vier konkrete Ziele verfolgte:

1. Die Bestätigung der Existenz von Monsterwellen.
2. Dem Schiffbau das Wissen über Monsterwellen zur Verfügung stellen.
3. Entwicklung von Kriterien für ein Warnsystem.
4. Weitergeben der Untersuchungsergebnisse an interessierte Kreise.

Dafür wurde das Wave Monitoring System (WaMoS II) entwickelt, ein Sensor, unterstützt von marinen Radaren, welche onshore bzw. offshore (auf Offshore-Anlagen und Schiffen) installiert werden kann und Bilder der Wasseroberfläche in Echtzeit liefert.

Ein Computer errechnet Wellenhöhe, Wellenperiode, Wellenrichtung sowie Geschwindigkeit und Richtung der Oberflächenströmung (Schmitz-Eggen 2006). Außerdem wurde es durch die Zusammenarbeit mit dem DLR ermöglicht, die Meeresoberfläche großflächig vom Weltraum aus mit Radaren abzutasten und so die Bojenmessungen und Radarmessungen von Offshore-Anlagen zu erweitern (Didenkulova et al. 2006). Der Synthetic Aperture Radar (SAR) bedeckt große Flächen der Ozeane und bietet momentan die einzige Möglichkeit, weitflächige Aufnahmen mit einer so hohen Auflösung zu machen, dass einzelne Wellen zu erkennen sind (vgl. Abb. 6) (Dysthe et al. 2008). Aus senkrecht aufgenommenen Satellitenbildern können Monsterwellen auf Grund ihrer steilen Vorderfront von normalen Wellen unterschieden werden. Das MaxWave-Projekt war weitestgehend erfolgreich. Durch den Einsatz neuer Techniken gelang es den Wissenschaftlern innerhalb eines kurzen Zeitraums, relativ viele Monsterwellen zu beo-

bachten, die über die ganze Erde verteilt waren. Bei der Auswertung der Satellitenbilder wurde deutlich, dass sich Wellen extremer Höhe und

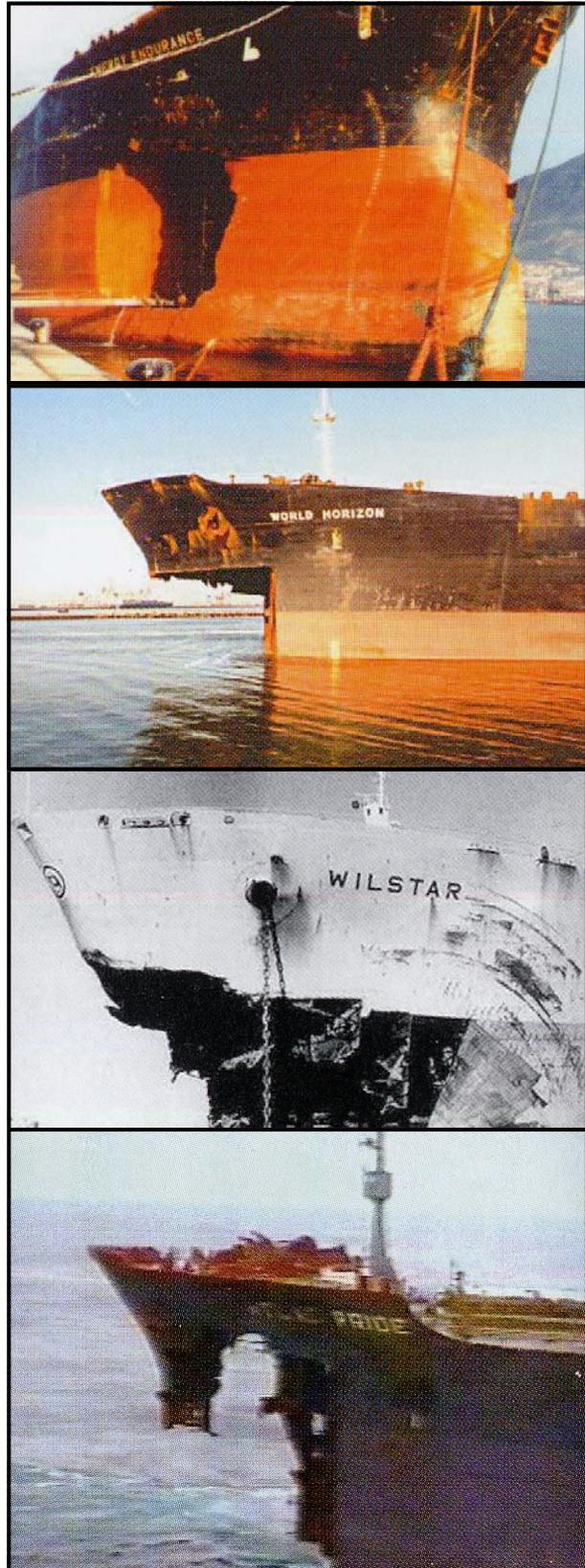


Abb. 5: Durch Monsterwellen zerstörte Schiffe
(Quelle: Schmitz-Eggen 2006)

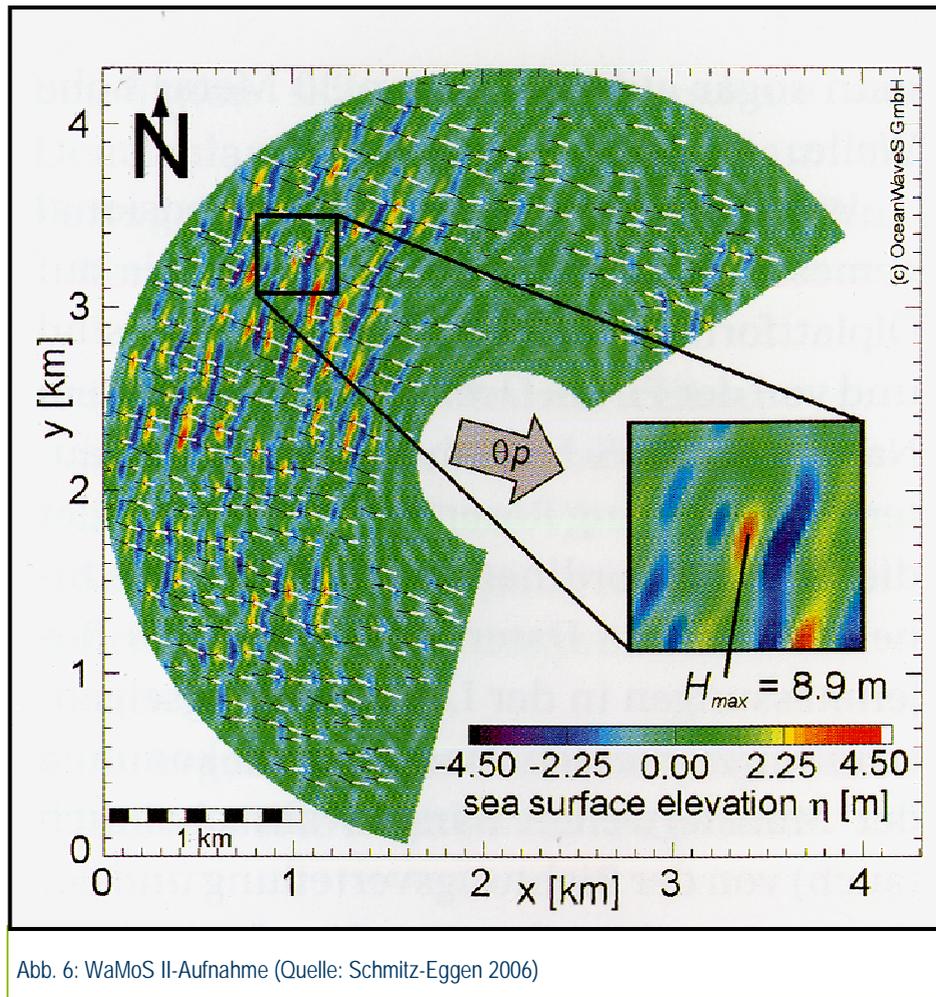


Abb. 6: WaMoS II-Aufnahme (Quelle: Schmitz-Eggen 2006)

potentielle Monsterwellen besonders oft dort bilden, wo die Wassermassen auf Strömungen oder Wasserwirbel treffen, was zur Bestätigung der Theorie zur Entstehung von Monsterwellen führte. Mit Hilfe der Daten, die von SAR erhoben wurden, konnte eine globale Karte entwickelt werden, auf der die maximale Wellenhöhe an verschiedenen Stellen der Erde dargestellt wurde (vgl. Abb. 7).

Die wichtigste Erkenntnis, die die Wissenschaft den ausgewerteten Daten entnehmen kann ist, dass es in den Ozeanen viel häufiger zur Entstehung von Monsterwellen kommt, als bisher angenommen. In den drei Wochen, in denen die ESA MaxWave die Satelliten zur Verfügung stellte, wurden weltweit 10 Wellen mit einer Höhe von mindestens 25 Metern registriert. Dennoch reichte die Anzahl der beobachteten Wellen noch nicht aus, um zufriedenstellende physikalische und statistische Modelle für eine sichere Vorhersage entwickeln zu können.

Im Anschluss lief das Projekt „WaveAtlas“, im Zeitraum 2003 bis 2005. Dem Projekt wurden die

bei „MaxWave“ gewonnenen Satellitenbilder zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Das Ziel war die Erstellung eines Monsterwellen-Atlas und darauf aufbauend die Entwicklung eines Frühwarnsystems für die Schifffahrt.

Erarbeitung eines Frühwarnsystems

Beim zentralen Abschlusstreffen des MaxWave-Projekts im Jahr 2003 wurden die Ergebnisse zur Erarbeitung eines Frühwarnsystems vorgestellt. Das Frühwarnsystem soll Schiffe mit Hilfe von physikalischen, statistischen und deterministischen Wellenmodellen vor sehr starkem Seegang bzw. Monsterwellen warnen. Dabei sollen nationale und internationale Organisationen sowie die einzelnen Regierungen bei der Entwicklung dieses Systems mithelfen. Es soll erreicht werden, dass verschiedene Expertengruppen sich untereinander unterstützen und zusammenarbeiten. Folgende Bereiche sollen für die Entwicklung des Frühwarnsystems entstehen bzw. mit einbezogen werden: European Centre for Medium Weather Forecasting (ECMWF), Expert

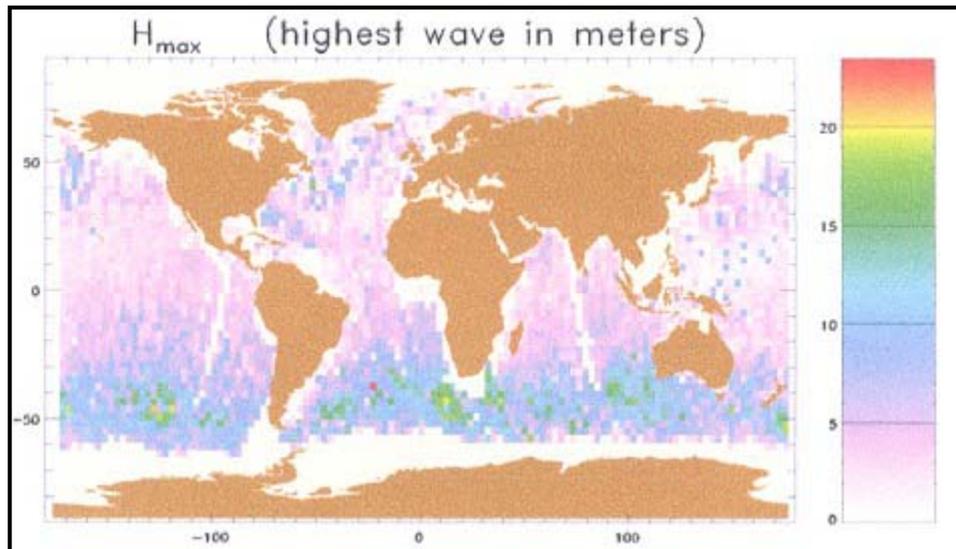


Abb. 7: Karte der globalen maximalen Wellenhöhen (Quelle: Rosenthal et al. o.J.)

Team on Maritime Safety Services (ETMSS), Expert Team on Wind Waves and Storm Surges (ETWS), International Maritime Organization (IMO), International Oceanographic Commission (IOC), The Joint Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM), Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), Manual of Marine Meteorological Services (MMMS), Marine Safety Information (MSI), National Meteorological Services (NMS) sowie die World Meteorological Organization (WMO) (Savina et al. o.J.). Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der unterschiedlichen Organisationen und Expertenteams wird als notwendig angesehen, um zu guten Ergebnissen zu kommen. Für die Zukunft sind mehrere Workshops und Zusammentreffen geplant. In Südafrika wird bereits intensiv an einem Frühwarnsystem für die Schifffahrt geforscht. Der französische Wetterdienst arbeitet an einem Produkt, welches bereits die Entstehung von

Monsterwellen erkennt und die Schiffe vor Gebieten warnt, in denen besonders gefährliche Einzelwellen auftreten.

Fazit und Ausblick

Das Thema `Monsterwellen` gehört heute zu den aktuellen Themen in der Wissenschaft. Betrachtet man die Verarbeitung des Themas in chronologischer Weise lässt sich erkennen, wie wichtig die ersten Grundlagenforschungen waren, auch wenn sich diese nur auf die Berichte von Augenzeugen stützen. Die daraus resultierende intensive Forschung machte es möglich, Monsterwellen weitestgehend physikalisch und mathematisch so zu definieren (wenn bis jetzt auch noch nicht in vollständiger Form), dass man heute daran arbeiten kann, ein Frühwarnsystem zu entwickeln, welches in Zukunft ökonomische und ökologische Schäden verringern und Menschenleben schützen kann.



Namensnennung-NichtKommerziell-Keine Bearbeitung

Sofern nicht anders angegeben, stehen die Texte dieser Seite unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0 DE Lizenz

GeoLoge Vol. 2-2010

Autorin:

Stephanie Gschrei, M.Sc.
Arbeitsgruppe Klimaforschung
Geographisches Institut
Ruhr-Universität Bochum

E-Mail: StephanieG@t-online.de

Literatur

- DIDENKULOVA, I.I., SLUNYAEV, A.V., PELINOVSKY, E.N., KHARIF, C. (2006):** Freak waves in 2005. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6 (6), S.1007-1015.
- DIETRICH, G., KALLE, K., KRAUSS, W., SIEDLER, G. (1975):** *Allgemeine Meereskunde. Eine Einführung in die Ozeanographie.* 3. Aufl., Stuttgart.
- DRAPER, L. (1965):** Freak ocean waves. In: *The Marine Observer* 35, S.193-195.
- DYSTHE, K., KROGSTAD, H.E., MÜLLER, P. (2008):** Oceanic rogue waves. In: *Annual Review of Fluid Mechanics* 40, S. 287-310.
- HAYER, S.K. (2003):** Freak wave event at Draupner jacket Januar 1 1995. o.O.
- JANSSEN, P. (2002):** Nonlinear four wave interactions and freak waves. In: *Technical Memorandum*, 366.
- KINSMAN, B. (1965):** *Wind Waves – their generation and propagation on the ocean surface*, New Jersey.
- KJELDSSEN, S.P. (1993):** The wave follower experiment. *Proc. Of Symposium of the air-sea Interface, radio and acoustic sensing, turbulence and wave dynamis*, Marseilles.
- LAVRENOV, I. (1998):** The wave energy concentration at the Agulhas current off South Africa. In: *Natural Hazards* 17 (2), S. 117-127.
- LECHUGA, A., (2006):** Were freak waves involved in the sinking of the Tanker "Prestige"? In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6 (6), S. 973-978.
- LIU, P.C., PINHO, U.F. (2004):** Freak waves – more frequent than rare. In: *Annales Geophysicae* 22 (5), S. 1839-1842.
- MALLORY, J.K. (1974):** Abnormal waves on the south east coast of South Africa. In: *International Hydrographic Review* 51, S. 99-129.
- MORI, N. (2004):** Occurrence probability of a freak wave in a nonlinear wave field. In: *Ocean Engineering* 31 (2), S.165-175.
- MORI, N., YASUDA, T. (2002):** A weakly non-gaussian model of wave height distribution for random wave train. In: *Ocean Engineering* 29 (10), S. 1219-1231.
- NICKERSON, J.W. (1993):** Freak waves. In: *Mariners Weather Log.* 37 (4), S. 14-19.
- OSBORNE, A.R., ONORATO, M., SERIO, M. (2000):** The nonlinear dynamics of rogue waves and holes in deep-water gravity wave trains. In: *Physical Letters A* 275 (5-6), S. 386-393.
- ROSENTHAL, W., DANKERT, H., HORSTMANN, J., NIETO-BORGE, J.C., GUENTHER, H., SCHULZ-STELLENFLETH, J., LEHNER, S., HESSNER, K., NIEDERMEIER, A., REICHERT, K. (o.J.):** Detection of extreme single waves and wave statistics. In: *MaxWave. Rogue waves – Forecast and impact on marine structures.* Final report Annex A.
- SAVINA, H., JOSSE, P., DANDIN, P., LEFEVRE, J.M. (o.J.):** Definition of warning criteria. In: *MaxWave. Rogue waves – Forecast and impact on marine structures.* Final report Annex A.
- SCHMITZ-EGGEN, L. (2006):** *Monsterwellen. Wenn Schiffe spurlos verschwinden*, Bad Zwischenahn.
- SCHRÖDINGER, E. (1926):** Quantisierung als Eigenwertproblem. In: *Annalen der Physik* 384 (4), S. 361-376.
- SOCQUET-JUGLARD, H. (2005):** Spectral evolution and probability distributions of surface ocean gravity waves and extreme waves. Doctor Scientarum Thesis, University of Bergen.
- STUTZ, B. (2004):** Rogue Waves. The physics of pure hell at sea. In: *Discover* 25 (7).
- SVERDRUP, K.A., DUXBURY, A.C., DUXBURY, A.B. (2005):** *An introduction to the world's oceans.* 8. Aufl., New York.
- YEOM, D., EGGLETON, B.J. (2007):** Rogue waves surface in light. In: *Nature* 450 (13), S. 953-954.

BJÖRN FRAUENDIENST

Großbritannien - Geographien eines europäischen Nachbarn

Zehner, Klaus & Wood, Gerald (2010)

Bücher über Großbritannien gibt es viele. In der Rubrik „Fachbücher“ eines großen Onlineversandhauses sind unter diesem Schlagwort immerhin 14.754 Fachbücher verzeichnet. 116 davon sind dem Fachbereich Geographie zugeordnet. Die Konzepte dieser Bücher sind leicht überschaubar. Meist handelt es sich entweder um klassische Länderkunden, oder sie behandeln auf einzelne wissenschaftliche Sachverhalte oder Regionen fokussierte Inhalte. Der Titel *Großbritannien - Geographien eines europäischen Nachbarn* verspricht eine dritte Konzeptalternative zu bieten.

REZENSION

Die Herausgeber PD Dr. Klaus Zehner (Geographisches Institut der Universität zu Köln) und Prof. Dr. Gerald Wood (Institut für Geographie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster) haben für das Buch ein aus Deutschen und Briten bestehendes Autorenteam gewinnen können, welches sich aus einer nicht nur geographisch orientierten Sichtweise mit unterschiedlichen Themen beschäftigt. Als Ziel des Buches setzen Zehner und Wood, zwischen „Linksverkehr“, „Tea-Time“ und „Gentleman-Kultur“ (S. V) „Prozesse [zu] identifizieren, die die gesellschaftlichen und räumlichen Strukturen Großbritanniens maßgeblich geprägt haben bzw. prägen“ (S. 2). Dies soll anhand von Themen geschehen, die in der Vergangenheit „durch das Relevanzraster“ (S. 2) anderer Autoren gefallen sind. Somit distanzieren sich die Herausgeber klar von dem Konzept einer Länderkunde, möchten allerdings trotzdem, auf Einzelthemen fokussiert, einen Einblick in den gesamtbritischen Kontext gewähren.

Umso überraschender ist es, dass die Struktur des Buches auf den ersten Blick doch sehr an eine Länderkunde erinnert. Denn nach einer kurzen Einleitung folgt im zweiten Kapitel, wie die Autoren selber schreiben, eine „traditionelle Einführung in die physische Geographie Großbritanniens“. Diese Einführung ist allerdings auf klimatische und geo(morpho)logische Aspekte beschränkt. Darauf folgen in Kapitel 3 siedlungs-

und kulturhistorische Ausführungen, die ebenfalls konzeptionelle Ähnlichkeiten mit entsprechenden Kapiteln in den einschlägigen Länderkunden von Heineberg (1997) und Wehling (2007) aufweisen. Dieser länderkundliche Eindruck verblasst allerdings in den folgenden Kapiteln. Zwar implizieren Titel wie „Politik und Raumplanung“ (Kapitel 7) oder „Gesellschaft, Handel und Kultur“ (Kapitel 8) eine Fortsetzung länderkundlicher Inhalte, aber, wie in der Einleitung beschrieben, erfolgt eben keine breite thematische Streuung, sondern ein enger Fokus auf Themen mit einer hohen Informationstiefe. Dies ist auch eindeutig die Stärke des Buchs. Denn Artikel wie z. B. über die Kameraüberwachung mittels CCTV oder die ausführliche Darstellung des britischen Lebensmitteleinzelhandels würden nur schwer Eingang in eine Länderkunde finden, sind aber insbesondere für erfahrene Großbritannienreisende durchaus lesenswert.

Leider schafft es das Gesamtkonzept nicht, die vielen auch für Nicht-Geographen gut verständlichen und anschaulich illustrierten Beiträge untereinander zu einem größeren Bild zu verknüpfen, da sich die Artikel aufgrund ihrer Spezialisierung und thematischen Vielfalt nicht gegenseitig unterstützen oder aufeinander aufbauen. Hinzu kommt, dass es sich bei den meisten Beiträgen um Fallbeispiele handelt, die fast ausschließlich in England beheimatet sind, und so eine gesamtbritische Perspektive stellenweise nur schwer

Großbritannien - Geographien eines europäischen Nachbarn

vermittelt wird. Insbesondere Schottland wird in vielen Kapiteln oft gar nicht, oder wenn dann nur unvollständig oder fehlerhaft, mit einbezogen.

Insgesamt ist das Buch *Großbritannien - Geographien eines europäischen Nachbarn* nicht das erste Buch, das man für eine wissenschaftliche Einführung in dieses Land lesen sollte. Zu diesem Zweck sind die Länderkunde von Heineberg und Wehling sicherlich noch immer die besten Refe-

renzen, auch wenn erstere Publikation inzwischen in manchen thematischen Bereichen sicherlich nicht mehr dem neuesten Stand entspricht. Für Großbritannienerfahrene liefert das Buch allerdings interessante und für viele sicherlich auch neue thematische Exkurse, die so in keinem länderkundlichen Buch ihren Platz finden würden.

Literatur:

Zehner, Klaus; Wood, Gerald (2010):
Großbritannien - Geographien eines europäischen Nachbarn. Spectrum Verlag, Heidelberg.

ISBN: 978-3-8274-2006-0

**Ergänzender Literaturhinweis:**

Heineberg, Heinz (1997):
Großbritannien. Raumstrukturen, Entwicklungsprozesse, Raumplanung. Gotha

Wehling, Hans-Werner (2007):
Großbritannien. Darmstadt

Autor:

M.Sc.-Geogr. Björn Frauendienst
Geographisches Institut
Ruhr-Universität Bochum

E-Mail: bjoern.frauendienst@rub.de



Namensnennung-NichtKommerziell-Keine Bearbeitung

Sofern nicht anders angegeben, stehen die Texte dieser Seite unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0 DE Lizenz

VOM PARKETT IN DIE LOGE

Ob im Kino, Theater oder Stadion, die Loge ermöglicht durch ihre Lage eine besondere Perspektive auf das Geschehen zu nehmen und so die Dinge besser beobachten zu können – vorausgesetzt man verfügt über das entsprechende Ticket. Genau so soll auch die Zeitschrift GeoLoge dazu beitragen, eine besondere, wissenschaftlich-analytische Perspektive auf das fachliche Geschehen zu erlangen. Studierende bekommen die Möglichkeit, bereits während des Studiums aus der „Parkett-Perspektive“ heraus und in die Loge einzutreten. Die Eintrittskarte hierzu erhalten sie durch das Verfassen wissenschaftlicher Beiträge.

Ihre Redaktion

IMPRESSUM

Verantwortlich:

Blasius Szczurek
Universitätsstraße 38
44789 Bochum

Redaktion:

Blasius Szczurek, Florian Flüchter, Juliane Strücker,
Bettina Pott, Steffen Werner

Layout: Blasius Szczurek

Titelbild: Stephanie Gschrei (Bearbeitung d. Blasius Szczurek)

Herausgeber:

Christiane Döll, Martina Grudzielanek

Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. Dr. Frank Dickmann
Prof. Dr. Andreas Farwick
Prof. Dr. Uta Hohn
Prof. Dr. Carsten Jürgens
Dr. Götz Loos
Prof. Dr. Bernd Marschner
Dr. Astrid Seckelmann
Prof. Dr. Harald Zepp

ISSN: 2191-3900

Die GeoLoge erscheint am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum und ist im Internet über <http://GeoLoge.Geographie.RUB.de> abrufbar.



Namensnennung-NichtKommerziell-Keine Bearbeitung

Sofern nicht anders [angegeben](#), stehen die Texte dieser Seite unter einer [Creative Commons Namensnennung 3.0 DE Lizenz](#)