

WOLFGANG HASSENPFUG

## **Zu Verbreitung und Erscheinungsformen von Polygonmustern in Schleswig-Holstein – eine luftbildgestützte Erfassung**

### **Einleitung**

Wenn man heutzutage zu bestimmten Zeiten über Schleswig-Holstein fliegt, kann man auf den Feldern an bestimmten Stellen in der Vegetation polygonale Muster mit Maschenweiten um die 15 m entdecken. Es sind dies Spuren des eiszeitlichen Frostklimas, die bis heute sichtbar geblieben sind. Unter solchen Mustern befinden sich im heutigen Frostklima der subpolaren Gebiete mächtige Eiskeile im Dauerfrostboden. Während der Weichsel-Kaltzeit waren sie auch bei uns ausgebildet. Noch heute, Jahrtausende nach ihrem Abschmelzen und ihrer Verfüllung mit eingespülten und eingewehten Sedimenten, prägen diese Diskontinuitäten im Untergrund den Standort und das Pflanzenwachstum darauf und bilden sich oberflächlich – allerdings nur in Dürrezeiten und aus der Luft fassbar – über Wuchsunterschiede ab. Das ist schon faszinierend.

Die zunächst sehr akademisch erscheinende Thematik hat durch ihre Verknüpfung mit Problemen der globalen Erwärmung aktuelle Akzente erhalten. Aktuelle Verbreitungsgebiete von Polygonmustern etwa im nördlichen Sibirien können heute mittels kombinierter Satellitenfernerkundung und Vor-Ort-Erkundung genauer erfasst und erforscht werden. Wer heute mit Schlagwör-

tern wie Eiskeil, Polygon und dergleichen im Internet sucht, kann sich ein Bild davon machen, etwa von den Forschungsprojekten des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven.

Im Folgenden werden Verbreitung und Erscheinungsbild der Formen bzw. Muster vorgestellt und diskutiert.

### **Allgemeines**

#### **Polygonmuster und periglaziale Bodenformung**

Polygonmuster treten großräumig in den Periglazialgebieten Nordasiens und Nordamerikas im Bereich der sogenannten Dauerfrostböden auf (Abb. 3). Wenn diese Dauerfrostböden im Wechsel der Jahreszeiten oberflächlich auftauen und wieder gefrieren, wird die Auftauschicht in vielfältiger Weise ge- und zerpresst (Kryoturbation); die Resultate dieser Prozesse sind in schleswig-holsteinischen Kiesgruben immer wieder zu beobachten (s. etwa STREHL 2010, S. 102). Verbunden damit sind Bodenrisse, die – vergleichbar heutigen Trockenrissen auf tonigen Oberflächen – etliche Meter in die Tiefe gewachsen und meist keilförmig mit Eis erfüllt sind und die beim nacheiszeitlichen Abtauen in Schleswig-Holstein mit einge-

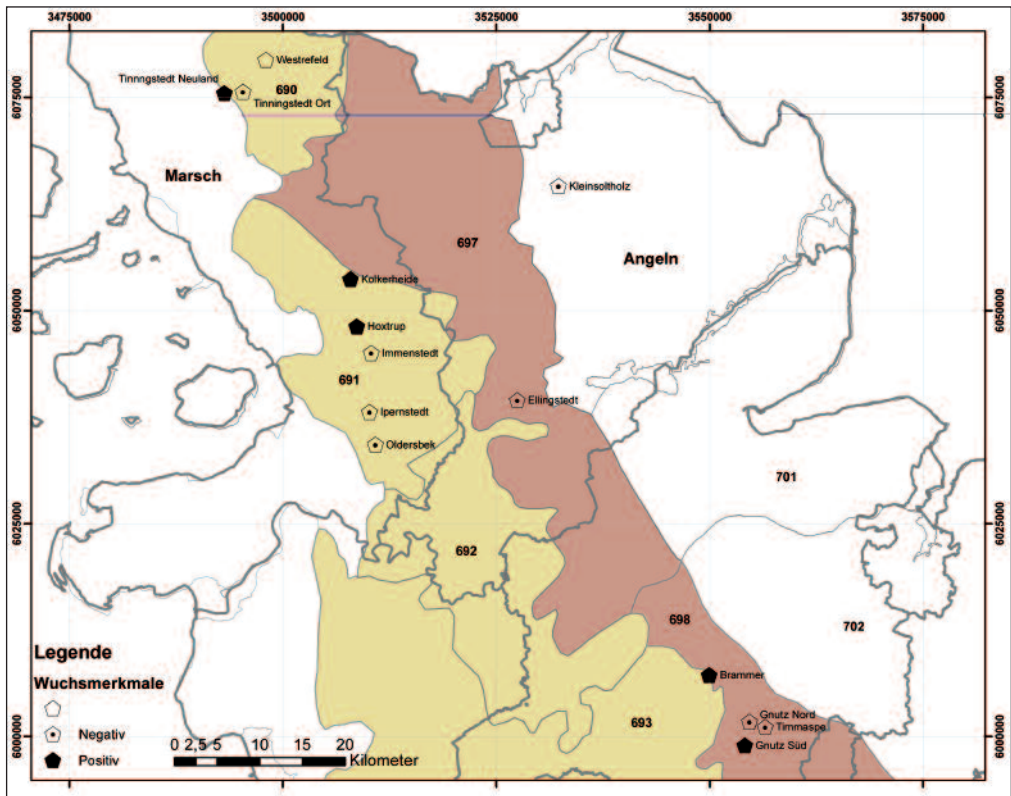


Abb. 1: Karte der Polygonmuster-Fundstellen in Schleswig-Holstein. Nachgewiesene Polygonmuster, differenziert nach positiven und negativen Wuchsmerkmalen; Naturräume der Geest, differenziert nach Hoher Geest (beige) und Niederer Geest (braun); Ziffern: Naturraum-Nummern nach Meynen/Schmithüsen; dicke Linien: Küsten- und Kreisgrenzen. Der Autor dankt Dipl.-Geogr. Bianca Willie und Christian Knechtel für die digitale Gestaltung der Karte.

wehtem und/oder eingespültem Sediment verfüllt worden sind und sozusagen die Tiefenverankerung dieser Polygonmuster darstellen und als Eiskeil-Pseudomorphosen bezeichnet werden (vgl. dazu EHLERS 2011, insbesondere die Seiten 185ff.).

Die Ähnlichkeit der heute noch aktiven Formen (Abb. 3) mit den heute fossilen Mustern in Schleswig-Holstein (Abb. 5 ff.) ist verblüffend. Man denke sich dazu nur in den Luftbildern alle vom Menschen geschaffenen Strukturen wie Wege und Hecken hinweg!

Zwei Extreme sind hier miteinander verbunden, die oberflächlichsten, meist unsichtbaren und nur aus der Luft und dann auch nur gelegentlich erkennbaren und überschaubaren Muster sowie die am tiefsten in den Untergrund reichenden Strukturen der Eiskeil-Pseudomorphosen.

### Zum Verbreitungsgebiet der Vorkommen

Da die Ausbildung der Eiskeile und damit auch der Polygonmuster netze eine anhaltende Zeit des Frostklimas benötigt (ohne dass sich in der Literatur konkretere Zeitspannen dazu finden), sind Polygonmuster vorkommen in Schleswig-Holstein nur dort zu finden, wo diese Voraussetzungen gegeben waren.

Am Ende der letzten Kaltzeit, der Weichsel-Kaltzeit, erstreckte sich das Inlandeis bis zu einer Linie, die heute durch die Grenze zwischen den Naturräumen des Östlichen Hügellandes und der Geest nachgezeichnet wird.

In den jungen Ablagerungen des abschmelzenden Eises selbst, der Jungmoräne, konnten sie sich nicht ausbilden, die Zeit dafür war zu kurz und das Klima zu rasch wär-

mer werdend. So sind sie im heutigen Naturraum Östliches Hügelland bzw. für den Landesteil Schleswig in dessen Teilnaturraum Angeln nicht zu erwarten. In den Schmelzwassersanden, die beim Abschmelzen des Eises westlich dieser Linie in riesigen Schwemmfächern abgelagert wur-

den und die den heutigen Naturraum der Vorgeest bilden, auch Niedere Geest oder Sandergeest genannt, konnten sich die Eiskeil-Polygone aus gleichen Gründen nicht ausbilden.

Nur in den Ablagerungen der vorletzten Kaltzeit, für die der Sammelbegriff Altmo-

(1) Vorkommen	(2) mittl. geogr. Koordinaten	(3) TK25	(4) Natur- Raum	(5) NN (m)	(6) Wuchs- merkmale	(7) Fotobelege (JJJJMMTT) T = terrestr- = o.B.	(8) Aus- dehnung	(9) Kommentare/Infos
Brammer	54° 11.600'N 9° 45.829'E	1824	693	20	pos	2003 08 09 2008 06 05	+	
Ellingstedt	54° 29.083'N 9° 25.341'E	1522	697	16	neg	2008 06 05	++	
Gnutz Nord	54° 08.612'N 9° 50.101'E	1824	698	30	neg	1992 05 26 2008 06 05 2008 06 10 T	+++	plus TK1825
Gnutz Süd	54° 07.127'N 9° 49.583'E	1824	698	23	pos	1992 05 26 2008 06 05 2008 06 10 T	+++	plus TK 1825
Großsoltbrück (alt: Kleinsoltholz)	54° 42.594'N 9° 29.979'E	1222	700	46	neg	1983 08 28 1992 05 26 1992 07 11 T 2003 08 09 -	++	NR Östl. Hügelland plus TK1223
Hoxtrup <sup>1)</sup>	54° 33.788'N 9° 7.967'E	1420	691	4	pos	1983 08 28 1992 05 26 1992 07 08 T 2003 08 09 2003 08 18 T 2008 06 05 2011 05 09 -	+++	einzigster Ort mit Vierecken
Immenstedt	54° 32.097'N 9° 9.507'E	1420	691	21	neg	1992 05 26 2008 06 05	+++	
Ipernstedt	54° 28.374'N 9° 9.334'E	1520	691	13	neg	1992 05 26 2003 08 18 2008 06 05 2011 05 09 -	+++	
Karlum	54°49'30.41"N 8°58'17.97"E	1119	690	20	neg	1992 05 26	+	Altmoräne, nahe Kiesgrube
Kolkerheide	54° 36.766'N 9° 7.292'E	1320	691	15	pos	1992 05 26	+	
Niebüll	54°45'3.25"N 8°51'38.80"E	1218	682	0	pos	1992 05 26	+	Kornkoog NR Marsch
Oldersbek	54° 26.296'N 9° 9.948'E	1521	691	12	neg	1992 05 26 2008 06 05 2008 05 21 T 2011 05 09 -	+++	
Timmaspe	54° 07.635'N 9° 51.116'E	1825	698	22	neg	1992 05 26 2008 06 05 2008 05 21 T	+++	
Tinningstedt-Dorf	54° 48.623'N 8° 55.565'E	1119	690	10	neg	1976 08 08 1983 08 28 1992 05 26 2003 08 09 2011 05 09 -	+++	
Tinnngstedt Neulandshof <sup>1)</sup>	54° 48.264'N 8° 57.523'E	1119	690	10	pos	1983 08 28 1987 10 01 T 1992 05 26 2003 08 09 2003 08 18 T 2011 05 09 -	+++	
Westrefeld	54° 50.647'N 8° 58.064'E	1119	690	17	neg	1992	+	
						2011 05 09		Keine Polygone sichtbar

Abb. 2: Tabelle zu den Polygonfundstellen in Schleswig-Holstein. Anmerkung: Die Namen der Vorkommen Tinningstedt-Neulandshof und Hoxtrup sind im Artikel Hassenpflug 1988 in den Abb. 1 und 2 vertauscht worden.



Abb. 3: Polygonale Tundra im Lena-Mündungsbereich, Nordsibirien 2000. Aufnahme: Konstanze Piel, Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven

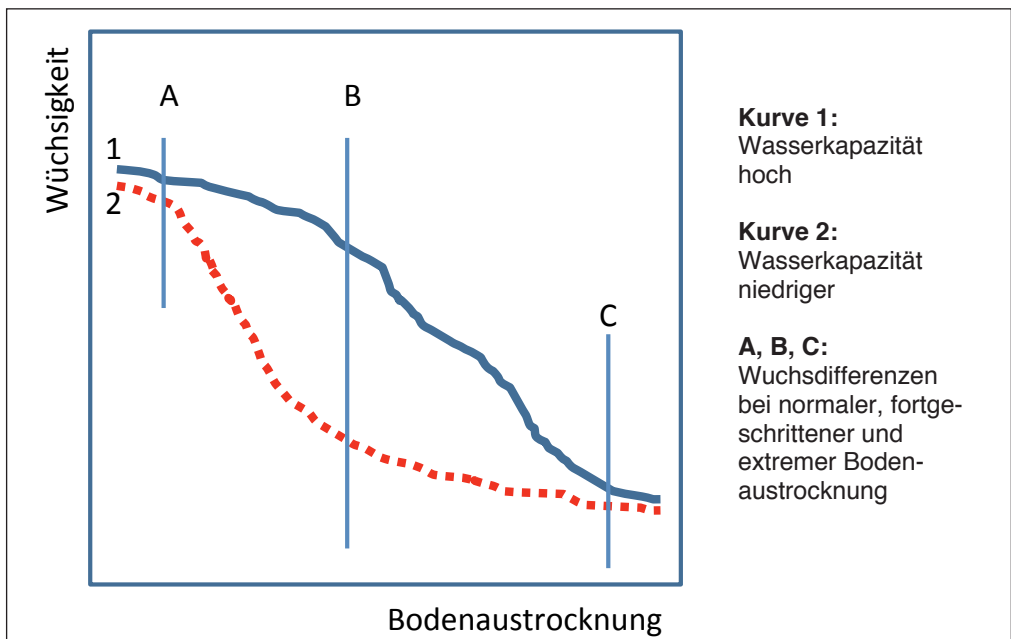


Abb. 4: Wuchsunterschiede zwischen Standorten unterschiedlicher Wasserkapazität bei fortschreitender Bodenaustrocknung – schematisch.

räne üblich ist, hatten sie die ganze letzte Kaltzeit über Zeit und Klima für ihre Ausbildung; dort also sind sie vorzugsweise zu finden (s. Abb. 1).

Hassenpflug hat 1988 erstmalig auf der Grundlage eigener großmaßstäbiger Farb-Schrägluftbilder von 1983 Polygonmuster-Vorkommen auf der Schleswiger Geest beschrieben, und zwar aufgrund von Wuchsmerkmalen, nachdem schon Svensson 1976 und Jacob und Lamp 1980 sie auf der Grundlage schwarzweißer Senkrecht-Luftbilder des Landesvermessungsamtes und darin anhand von Bodenmerkmalen entdeckt hatten. Die Vorkommen von 1983 konnten dann auf weiteren Luftbildflügen in den folgenden Jahrzehnten bestätigt und durch neu entdeckte ergänzt werden, die insgesamt in Karte (Abb. 1) und Tabelle (Abb. 2) zusammengefasst sind.

### **Zur Erkennbarkeit aufgrund von Wuchsmerkmalen**

Polygonmuster sind in Schleswig-Holstein Jahrtausende nach ihrer Bildung naturgemäß nicht mehr an ihren Oberflächenformen zu erkennen – Abb. 3 zeigt, wie aktive Polygone höher liegen als die wasserbedeckten Zwischenräume –, das ist nach der langen nacheiszeitlichen Zeit des Ausgleichs, nicht zuletzt durch die Ackernutzung, auch nicht zu erwarten. Aber durch Wuchsmerkmale, also durch Wuchsunterschiede innerhalb einer Vegetationsdecke aufgrund unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit, konnten viele von ihnen entdeckt werden, und zwar unter Bedingungen der Bodenaustrocknung. Ein positives Wuchsmerkmal liegt vor, wenn die Vegetation im Bereich des Musters besser als in der Umgebung gewachsen ist. Im umgekehrten Fall spricht man von einem negativen Wuchsmerkmal.

Im Luftbild ist das allerdings nicht immer eindeutig zu erkennen, auffallend ist vielmehr ein abweichender, hellerer oder dunklerer Farbton. Hinter dem stehen am Boden ganz unterschiedliche Erscheinungsformen wie geringeres Wachstum, verwelkte Blätter oder auch anderer Schattenwurf. Die Ausprägung des Wuchsmerkmals kann von Feld zu Feld je nach angebaute Feldfrucht und deren Reifezustand unterschiedlich

sein. In der Regel dominiert eine einzige Ausprägung die ganze Örtlichkeit.

Trockenzeiten und Dürren, durch die die Polygonmuster sichtbar wurden, hat es in Schleswig-Holstein in den vergangenen Jahrzehnten etliche gegeben. Hier (vgl. auch Abb. 2, Spalte 7) sind nur diejenigen aufgeführt, deren sichtbarmachende Effekte im Luftbild dokumentiert werden konnten.

An folgenden Tagen waren Polygonmuster aus der Luft erkennbar; allerdings wurden nicht an allen Tagen alle bekannten Positionen abgeflogen:

*8. August 1976*

An diesem Tag wurde das Luftbild von Tinningstedt aufgenommen (HINGST und MUUSS 1978, S. 57, am unterem Bildrand links der Mitte), auf dem Polygonmuster deutlich zu sehen, aber bisher von keinem erkannt worden sind.

*28. August 1983*

An diesem Tag wurden nicht nur die Vorkommen in Tinningstedt und Hoxtrup erfasst, sondern auch das aufschlussreiche von Großsoltbrück, das hier zum ersten Mal vorgestellt wird.

*26. Mai 1992*

Dieser Aufnahmezeitpunkt liegt inmitten einer noch weiter anhaltenden Trockenheit, die sich zur schlimmsten Dürre des 20. Jahrhunderts entwickelt haben soll. Viele Örtlichkeiten konnten neu entdeckt und alte bestätigt werden (vgl. Abb. 2, Spalte 6).

*9. August 2003*

Polygone an mehreren Positionen erkennbar (vgl. Abb. 2, Spalte 6).

*5. Juni 2008*

Polygone an mehreren Positionen erkennbar (vgl. Abb. 2, Spalte 6).

*9. Mai 2011*

An den Positionen Hoxtrup, Immenstedt, Ipernstedt, Kolkerheide und Oldersbek konnten keine markanten Wuchsmerkmale entdeckt werden; die Trockenheit der vorausgegangenen Wochen war offensichtlich dafür nicht stark genug, auch wenn sie verbreitet auf der Geest für Verwehungen ausgereicht hatte (HASSENPLUG 2011).

Polygone werden als Wuchsmerkmale sichtbar, wenn im Verlaufe einer Phase der Bodenaustrocknung die Pflanzen im Bereich des Musters mehr oder weniger gut mit Wasser versorgt werden als dazwischen und sich dies immer stärker in unterschied-



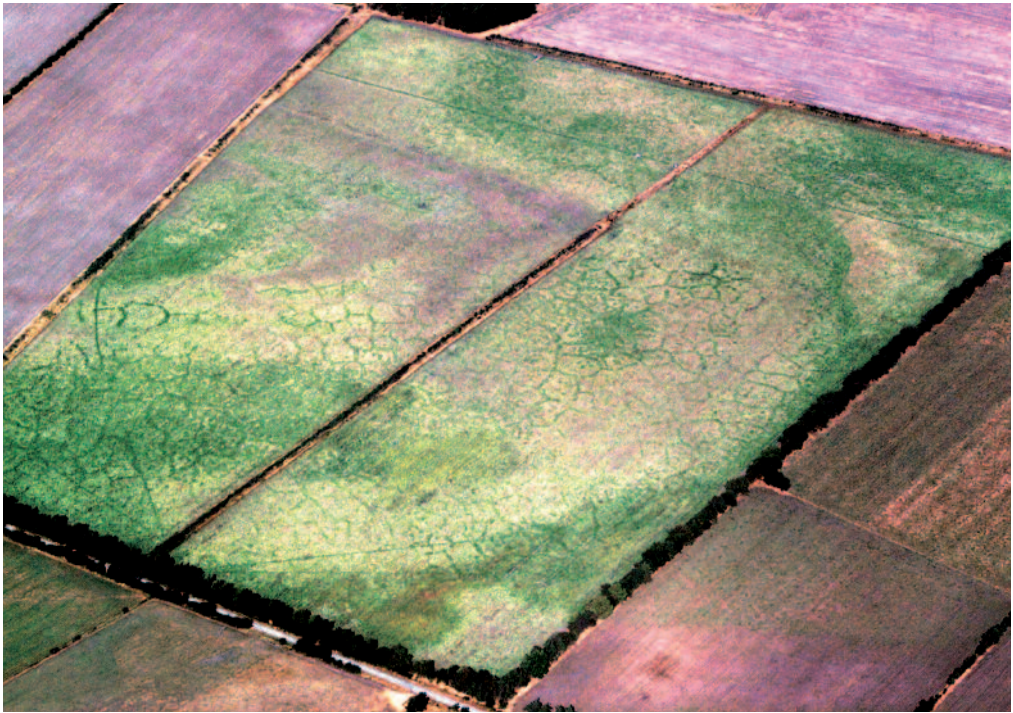


Abb. 5: Luftbild Polygonmuster Tinningstedt-Neulandshof am 28.8.1983. Das Bild zeigt Felder mit Polygonmustern am Ostrand der Gemarkung Tinningstedt mit Blickrichtung Nordost.

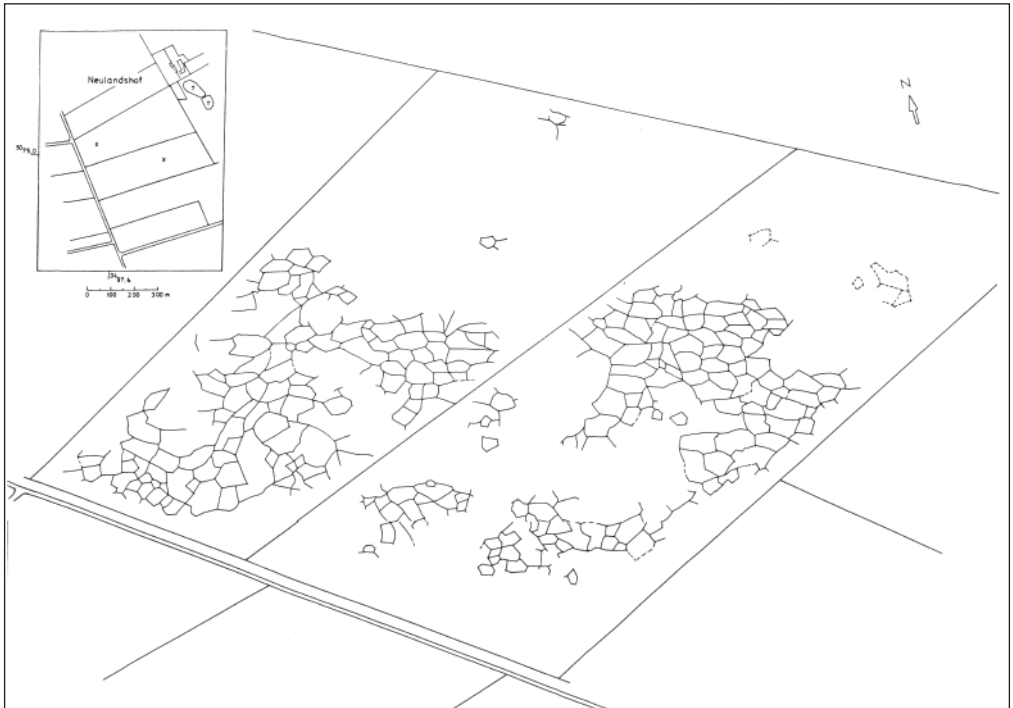


Abb. 5a: Auswertungsskizze zum Luftbild Tinningstedt-Neulandshof vom 28.8.1983.

licher Wüchsigkeit widerspiegelt. Abb. 4 versucht dies schematisch zu veranschaulichen.

Von zwei normalerweise gleich wüchsigen Standorten (Zeitschnitt A) lässt bei Einsetzen von Bodenaustrocknung auf dem schlechter mit Wasser versorgten Standort (Kurve 2) die Wüchsigkeit schneller nach als daneben; ein Kontrast, ein Wuchsmerkmal, bildet sich aus. Wenn schließlich auch auf dem besser wasserversorgten Standort die Wüchsigkeit zurückgegangen ist, verschwindet das Wuchsmerkmal wieder in einem allgemein verdorrten Pflanzenbestand; dieser Extremzustand wird allerdings nur selten erreicht, etwa am 28.8.1983 beim Vorkommen Großsoltbrück im Unterschied zum 26.5.1992, als es wohl erkennbar war (Abb. 20).

Im Einzelnen ist der Zusammenhang zwischen den Wuchsmerkmalen und den Tiefenstrukturen der ehemaligen Eiskeile gar nicht so einfach herzustellen, liegt doch der Hauptwurzelbereich der Kulturpflanzen in den oberen Bodenhorizonten bzw. Erdschichten, die ihrerseits allein schon durch die Bodenbearbeitung in vielfältiger Weise durchmischt und homogenisiert worden sind, während die in den oberflächlichen Polygonmustern abgebildeten Tiefenstrukturen nur noch von wenigen Wurzeln erreicht werden, sofern sie nicht etwa wegen einer Ortsteinschicht wie im Falle Tinningstedt-Neulandshof von diesen gar nicht oder sehr schwer erreicht werden können. Wuchsmerkmale sind an allen beobachteten Örtlichkeiten allerdings selten großflächig flächendeckend ausgebildet (grobe Abschätzung in Abb. 2, Spalte 8).

Schon geringe Variationen von Gelände oder Boden reichen aus, um die Polygonmuster in allgemein wüchsigen oder auch verdorrten Pflanzenbeständen verschwinden zu lassen. So zeigen die Luftbilder ein breites Spektrum von gerade mal einem einzigen kaum erkennbaren Polygon (Vorkommen Brammer), über einzelne, inselhaft verstreute Polygone (Abb. 19, Niebüll) bis zu flächenhaft ausgebildeten Netzen, etwa Abb. 17, Gnutz, Abb. 9, Hoxtrup, Abb. 13, Iperstedt, oder Abb. 14, Immenstedt).

Generell sind die Polygonmuster nur aus der Distanz des Luftblicks bzw. -bilds erkennbar und dann auch nur kurzzeitig. Im

Gelände sind sie nur bei nachfolgender gezielter Suche erkennbar und das auch nur, wenn das Wuchsmerkmal auf dem Kontrast von wüchsig zu verdorrt beruht (Abb. 5, Tinningstedt-Neulandshof oder Abb. 9, Hoxtrup); Muster im hohen Getreide, die auf unterschiedlichem Längenwachstum beruhen, verschwimmen aus Bodensicht weitgehend (Abb. 17 und 18, Gnutz Süd).

### **Beschreibung und Ausmessung der Formen**

Der relativ große Maßstab der Luftbilder erlaubt eine differenzierte Formenbeschreibung, eine genaue Ausmessung dagegen erst nach vorheriger aufwendiger Entzerrung.

Die Polygonform ist keineswegs einheitlich und variiert vielfältig um die ideale bienenwabeförmige Sechseckform. Fünfecke überwiegen. Vierecke sind nur einmal vorherrschend – beim Vorkommen Hoxtrup (Abb. 9).

Die Breite der Polygonstreifen liegt um die 2 m und erscheint in hohem Getreide (Abb. 18) diffuser und breiter als in niedrigem Grünland (Abb. 11).

Die Formen sind überwiegend rundlich-kompakt. Bei einigen Vorkommen sind auch längliche Polygone zu beobachten, etwa in Iperstedt (Abb. 13) oder Immenstedt (Abb. 14), und zwar bei beiden mit einer leichten Hangneigung von 1%. Die naheliegende Annahme eines Bodenfließens (Solifluktion), das für die oberflächliche Auftauzone des eiszeitlichen Dauerfrostbodens am Hang typisch war, kann nicht gelten, weil ja die Polygonmuster genetisch an die viel tiefer reichenden Eiskeile gebunden sind. Eine Erklärung sei dahingestellt.

Für die aus der Luft entdeckten Polygon-Örtlichkeiten konnten die Muster vereinzelt auch unter Google Maps und Google Earth wiedergefunden werden, sofern der Aufnahmezeitpunkt der jeweiligen Luft- bzw. Satellitenbilder dafür geeignet ist. Der Vorteil daran ist, dass diese als Senkrechtaufnahmen im Unterschied zu den erst zu entzerrenden Luftbildern direkt ausgemessen werden können. Der Nachteil daran ist, dass die Nutzungsbestimmungen von Google für die Bildverwendung und selbst die Auswertung sehr restriktiv sind, wes-



Abb. 6: Luftbild Polygonmuster Tinningstedt-Neulandshof am 9.8.2003. Auf dem linken Feld sind mit 1983 identische Muster (Abb. 5), die im rechten Feld unter Getreide unkenntlich sind.

halb hier auf Beigabe und Auswertung eines Beispiels verzichtet wird.

### Zu einzelnen Polygonmuster-Vorkommen

Die Verbreitungskarte (Abb. 1) zeigt, dass die Vorkommen sich auf den Naturraum der Geest – als Gesamtheit der Naturräume der Vorgeest und der Hohen Geest – konzentrieren, wobei in der Schleswiger Geest die Naturräume der Hohen Geest den Schwerpunkt bilden. In der Holsteinischen Geest ist es die Vorgeest; allerdings wohl nur, weil hier die Heide-Itzehoer Geest nicht beflogen wurde.

Besonderheiten der einzelnen Vorkommen werden im Folgenden beschrieben. Weitere Einzelheiten sind der Abb. 2 zu entnehmen.

#### *Die Vorkommen auf der Geest*

Die beiden Örtlichkeiten Tinningstedt sowie Hoxtrup sind die ersten, schon 1983 entdeckten Vorkommen (Hassenpflug 1988), deren Sichtbarkeit danach immer wieder belegt werden konnte (vgl. Abb. 1, Spalte 7), was eigentlich angesichts der dahinterstehenden jahrtausendealten Strukturen nicht verwunderlich ist.

#### *Tinningstedt-Neulandshof*

Das Vorkommen liegt am Ostrand der Gemarkung Tinningstedt, westlich des dortigen Staatsforstes Flensburg, verteilt auf 2 Felder. 1983 waren auf beiden Polygonmuster zu erkennen gewesen (Hassenpflug 1988, Abb. 2). 2003 war dies nur auf dem linken Feld der Fall (Abb. 7), während auf dem rechten Feld unter abgeerntetem Getreide keine Spuren sichtbar waren.

Eine Auswertung von 58 gut erkennbaren Polygonen (anhand der entzerrten Aufnahme von 1983) ergab überwiegend Fünfecke mit Flächen von 20 bis 215 m<sup>2</sup> (durchschnittlich 140 m<sup>2</sup> entsprechend 13 m Durchmesser).

Die im Luftbild (Abb. 6) am 9.8.2003 erfasste Situation wurde am 18.8.2003 vor Ort überprüft. Dabei zeigte sich ein sehr deutlicher Wuchskontrast der Rüben zwischen Polygonstreifen und -flächen; mit scharfen Grenzen waren gut wachsende Pflanzen in den Streifen von verdorrten auf den Flächen dazwischen getrennt (Abb. 7).

Eine bodenkundliche Abschätzung ergab in den sandigen Oberböden der auf dem Feld verbreiteten Podsole keine erkennbaren Körnungs- und Feuchtigkeitsunterschiede (Abb. 7a, Tabelle oder Grafik). In etwa 50 cm



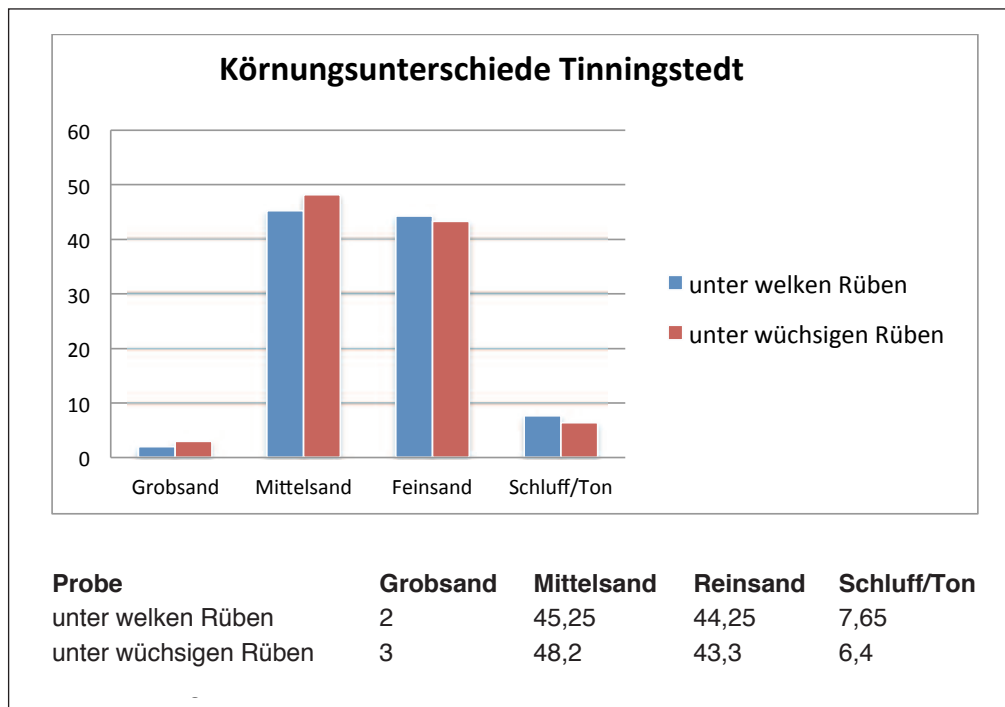


Abb 7a: Körnungsunterschiede Tinningstedt-Neulandshof im Bereich der gut sichtbaren Polygone von Abb. 6 rechts oben, Mischproben aus dem Pflughorizont.



Abb. 7: Wuchsmerkmale Tinningstedt-Neulandshof in den Rüben 18.8.2003. Aufnahmestandort in Abb. 6 im Bereich der gut sichtbaren Polygone rechts oben, Blickrichtung West. Die grünen Streifen der Abb. 6 sind Streifen guten Rübenwachstums; in den Polygonflächen dazwischen sind die Rüben verdorrt.



Abb. 8: Luftbild Polygonmuster Tinningstedt-Dorf am 28.8.1983, Blickrichtung West. Der Hof rechts unten liegt bei HINGST & MUUSS 1978 links unten. Das grüne Maisfeld mit den negativen Wuchsmerkmalen entspricht bei HINGST & MUUSS dem in der linken unteren Ecke angeschnittenen gelben Feld.

Tiefe befand sich ein fester Ortsteinhorizont, in dem ein Pürckhauer-Bohrer stecken zu bleiben drohte. Es stellt sich also die Frage, woher die krassen Wuchsunterschiede kommen, ob sie etwa durch einzelne Wurzeln bedingt sind, die im Bereich der Polygonstreifen trotz des sperrenden Ortsteins weiter in die Tiefe dringen und dort noch Wasser erreichen können?

#### *Tinningstedt Dorf*

Am Dorf Tinningstedt sind Polygonmuster weit verbreitet, was sich durch Zusammenstellen von Bildern verschiedener Jahre mit jeweils unterschiedlichen Flächen der Erkennbarkeit belegen lässt. Es handelt sich hier, 1,5 km nordwestlich von Tinningstedt-Neulandshof, nur um negative Wuchsmerkmale im Grünland und im Mais. Tinningstedt Dorf ist die einzige Örtlichkeit, für die es einen Polygon-Beleg aus dem Jahre 1976 gibt (8.8.1976). Dieser befand sich seit Langem auf dem Bild bei HINGST UND MUUSS (1978, S. 57), nur hat ihn bisher keiner dort wahrgenommen.

#### *Hoxtrup*

Das Vorkommen Hoxtrup zählt wie Tinningstedt zu den am längsten beobachteten Örtlichkeiten. Die Flächen sind zumeist als Weideland genutzt und weisen positive Wuchsmerkmale auf, die nicht nur im Luftbild, sondern immer wieder auch vor Ort gut erkennbar gewesen sind (Abb. 9 und 11). Nur beim Vorkommen Hoxtrup konnte das Vorherrschen viereckiger Polygone beobachtet werden. Von 95 ausgezählten Polygonen waren 55 viereckig, mit durchschnittlich 200 m<sup>2</sup> entsprechend 14 m Seitenlänge. Nur bei Vierecken ist es möglich und war zu beobachten, dass sich über 100 m lange gerade Linien durch das Gelände zogen. 21 der 95 Polygone waren Fünfecke mit durchschnittlich 288 m<sup>2</sup> entsprechend Kreisen mit 16 m Durchmesser (Abb. 10).

In der benachbarten Kiesgrube, unmittelbar hinter der Talaue, sind immer wieder die kryoturbar durchmischten oberflächennahen Schichten des einstigen Auftaubodens zu beobachten gewesen. Mit Querschnitten um einen Meter sind sie aber – wie beim Vorkommen Kolkerheide – um eine Grö-





Abb. 9: Luftbild Polygonmuster Hoxtrup am 28.8.1983. Die Felder werden als Weide genutzt. Die überwiegend viereckigen Polygonmuster mit entsprechend vielen durchgehenden Linien liegen auf einer Ebenheit, die zur Talaue oben an einer etwa 1 m hohen Kante abbricht, während sie zum Vordergrund hin mit zerlappter Begrenzung an Höhe verliert, wobei die positiven Wuchsmerkmale in allgemein guter Wüchsigkeit untergehen. Die Luftbilder vom 28.8.1983 und 26.5.1992 zeigen das gleiche Verteilungsmuster. Vom roten Punkt aus nach rechts ist Abb. 11 aufgenommen.



Abb. 10: Auswertungsskizze zu Abb. 9



Abb. 11: Polygonstreifen in Hoxtrup am 8.7.1992 vom roten Punkt in Abb. 9 nach rechts. Das Muster von 1992 entspricht dem von 1983. Die rote Schaufel markiert die Polygonecke, der Zollstock den Verlauf der Streifen.

benordnung kleiner als die hier angesprochenen Polygonmuster.

#### *Kolkerheide*

Im Luftbild Kolkerheide scheinen Polygonvorkommen nur klein und vereinzelt zu sein und sich auf einige gelbgrüne Flächen verdorrten Grünlandes zu beschränken (Abb. 12). Doch bei genauer Bildbetrachtung zeigt sich, dass auch innerhalb des grünen Bewuchses rechts oben ganz schwach etwas hellergrüne polygonale Muster vorhanden sind, die nur durch digitale Bildbearbeitung noch deutlicher gemacht werden könnten. In jedem Fall sind die Polygonmuster wesentlich größer als die Kryoturba­tionen und die Relikte eines Eiskeils, die Strehl 2010 aus einem Kiesgrubenaufschluss in dieser Gegend beschrieben hat.

#### *Ipernstedt*

Das Vorkommen Ipernstedt erstreckt sich über viele Felder vor allem südlich des gleichnamigen Dorfes. Auf einem der Felder ist ein Wechsel von den vorherrschend rundlichen Polygonen zu mehr länglichen

zu beobachten, und zwar an einem 200 m langen Hang mit einem Gefälle von 1% (Abb. 13). Wie beim Vorkommen Immenstadt kann dies schwerlich als Effekt der Solifluktion in der sommerlichen Auftauzone des Dauerfrostbodens erklärt werden, da die Polygone ja in tieferen, nicht fließenden Strukturen verankert gewesen sind. Hier steht eine Erklärung noch aus.

#### *Weitere Vorkommen*

Einige weitere Polygonmuster-Vorkommen (Abb. 1) werden nur noch anhand der Abbildungen vorgestellt, Immenstedt (Abb. 14), Ellingstedt (Abb. 15), Timmaspe (Abb. 16) und Gnutz-Süd (Abb. 17).

#### *Das Vorkommen im Naturraum Marsch*

Im Naturraum Marsch (682) sind aufgrund von dessen nacheiszeitlicher Bildung keine Eiszeitspuren zu erwarten. Wenn sie hier dennoch beobachtet wurden (Abb. 19), so ist das ein Hinweis auf eine Sondersituation. Bei Niebüll stehen kleinräumig innerhalb der Marsch Altmoränen-Ablagerungen im Meeresniveau an, die wegen ihrer zufälligen



Lage im Meeresniveau eine nacheiszeitliche Bildung vermuten lassen, was zusätzlich noch durch die ortsübliche Bezeichnung als Kornkoog, also als eingedeichtes Gebiet mit Ackerbau, nahegelegt wird. Die Polygonmuster im Luftbild sprechen dagegen.

#### *Das Vorkommen im Naturraum Östliches Hügelland*

Das Vorkommen Großsoltbrück (Abb. 20) liegt etwa 4 km östlich des weichselzeitlichen Eisrandes zwischen Flensburg und Schleswig, also schon inmitten des Naturraumes 700 (Östliches Hügelland, Angeln) und ist mit einer Höhe von 46 m das höchstgelegene aller Vorkommen. Die Polygone sind hier in Größe und Ausdehnung (bis über 20 m Durchmesser) denen auf der Geest ohne Weiteres vergleichbar.

Wenn die Prämissen stimmen, dass sich Eiskeil-Polygone auf den relativ jungen weichselzeitlichen Moränenablagerungen bei gleichzeitig ansteigenden Temperaturen nicht mehr hätten bilden können, dann müssen diese Ablagerungen aus einer frü-

heren Vergletscherung stammen, also zur Altersgruppe der Altmoränen im Westen der Geest gehören. Die kleine Anhöhe mit dem Vorkommen wäre dann eine Altmoräneninsel so wie die größere 4 km weiter südlich liegende Nordhöhe östlich von Tarp.

Auf dem Luftbild (Abb. 20) ist zu erkennen, wie heterogen die Bodenverhältnisse sind: Schon die große Weidefläche in der Bildmitte lässt die Polygone nur im linken, westlichen Teil erkennen, im Rest ist wegen zu starker Austrocknung keine Differenzierung mehr zu erkennen. Und auch im rechts – östlich – angrenzenden Haferfeld gibt es eine scharfe Abgrenzung zwischen dem hellen Keil verdorrten Hafers und den Polygonstreifen einerseits und den übrigen Feldteilen mit normal wachsendem Hafer.

Die Geologischen Kartenblätter 1:25 000, Blatt 1222 und Blatt 1223 bestätigen diesen Eindruck: für den westlichen Teil der Anhöhe heißt es darin „Weichselzeitliche Moräne aus Sand, kiesig“ (Blatt 1222) und für den östlichen Teil „Moräne der Weichsel-



*Abb 12: Luftbild Polygonmuster Kolkerheide, 26.5.1992, Blickrichtung West. Im verdorrten Bewuchs der Feldmitte sind die Polygone kaum noch zu erkennen. Auch im grünen Feld rechts oben sind sie vorhanden und im Originalbild schwach erkennbar und wären durch digitale Bildverarbeitung noch besser sichtbar zu machen.*



Abb. 13: Luftbild Polygonmuster Ipernstedt 26.5.1992, südlich des Ortes, Blickrichtung West. Vom Betonmast in Bildmitte bis zum unteren Bildrand besteht auf 200 m ein Gefälle von 1%.



Abb. 14: Luftbild Polygonmuster Immenstedt 5.6.2008, südlich des Ortes, Blickrichtung Nord



Kaltzeit, stellenweise von Gletschereis gestaut, Schluff, z. T. tonig (Blatt 1223). Inmitten solcher Heterogenität einer Eisrandlage und inmitten eines reliefierten Geländes ist diese Anhöhe nicht einfach als Altmoräneninsel zu erkennen; die Polygonmuster sind aber ein starkes Indiz dafür.

## Ausblick

Die hier vorgelegte Ausweitung der Anschauungs- und Erfahrungsbasis zu Polygonmustern in Schleswig-Holstein lässt durchaus noch Fragen offen bzw. wirft weitere auf:

Kann der Zusammenhang zwischen dem Grad der Bodenaustrocknung und der Sichtbarkeit des Phänomens durch weitergehende kombinierte meteorologisch-hydrologisch-pedologische Untersuchungen genauer erfasst werden?

Kann durch gezielte Aufgrabungen und Beprobungen von Transsekten der Zusammenhang von Tiefenstrukturen und Wachstumsmerkmalen genauer erfasst werden?

Was sicher möglich, wenn auch aufwendig ist, ist die Entzerrung der Schrägluftbilder zwecks genauerer Ausmessung der Formen sowie eine Geocodierung, mittels derer Geländearbeit bis zu einem gewissen Grad auch ohne Bodensichtbarkeit der Muster machbar wäre.

Auch ein besseres Herausarbeiten der Formen durch digitale Bildverarbeitung ist machbar.

Die systematischere Durchmusterung von Google-Earth- und Google-Maps-Bildern kann ebenfalls zu weiteren Entdeckungen führen, ist aber durch die Nutzungsbedingungen eingeschränkt.

Schließlich wäre zu prüfen, inwieweit einige der Vorkommen unter den Geotopschutz gestellt werden sollten, der inzwischen in Schleswig-Holstein ja schon auf ein breites Spektrum von Geo-Objekten zielt (A. GRUBE 2010). Auch am Niederrhein ist dies für dortige Polygone vorgeschlagen worden (ROTH 2009). Insbesondere sollten wortwörtlich tiefgreifende Maßnahmen wie Tiefpflügen oder Kiesabbau untersagt werden; eine oberflächennahe landwirtschaftliche Nutzung, die es über diesen Polygonmustern für Jahrhunderte gegeben hat, hat sie ja of-

fensichtlich nicht wesentlich beeinträchtigt. Das Vorkommen Hoxtrup wäre hier wegen seines singulären Formeninventars (Vierecke) und der möglichen Gefährdung durch Ausdehnung des benachbarten Kiesabbaus an erster Stelle zu nennen.

## Literaturverzeichnis

- EHLERS, JÜRGEN (2011): Das Eiszeitalter. Heidelberg. (Probeseiten unter [www.springer.com/springer+spektrum/sachbuch/book/978-3-8274-2326-9](http://www.springer.com/springer+spektrum/sachbuch/book/978-3-8274-2326-9))
- FRÄNZLE, OTTO (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:100 000 der Bundesrepublik Deutschland GMK100, Blatt 7, C1518 Husum. Berlin
- GRUBE, ALF (2010): Sülfelder Tannen – eine einmalige Niedertau- und Kames-Landschaft der Weichsel-Kaltzeit (Kreise Stormarn und Segeberg). Natur- und Landeskunde, 117. Jg., Nr. 7–9, S. 93–101
- HASSENPLUG, WOLFGANG (1988): Polygonmuster auf der Schleswiger Geest. Standörtlich-periglaziale Ausdeutung zweier Luftbilder. Geogr. Rundschau 40, S. 27–32
- HASSENPLUG, WOLFGANG (2011): Maisanbau und Bodenverwehung in Schleswig-Holstein im Frühjahr 2011. In: Natur- und Landeskunde, H.10–12, S. 137–148
- HINGST, KLAUS UND U.MUUSS (1978): Landschaftswandel in Schleswig-Holstein. Neumünster
- JAKOB, J. A UND J. LAMP (1980): Fossile Frostpolygonmuster auf Luftbildern Mittelholsteins und ihre bodenkundliche Bedeutung. Meyniana 32, S.129–134
- ROTH, REINHOLD (2009): Fossile Riesen-Eiskeilnetze und Würgeböden als schutzwürdige Geotope in der Niederrheinischen Bucht. Natur am Niederrhein (N.F.) 21 (1), S. 62–67, Krefeld.
- STREHL, EBERHARD (2010): Taschenboden und Eiskeil – fossile Zeugen eiszeitlichen Klimas im Warthe-Sander bei Kolkerheide (Schleswig-Holstein), Natur- und Landeskunde, H. 7–9, S.101–103
- SVENSSON, HARALD (1976): RELICT ICE-WEDGE POLYGONS revealed on aerial photographs from Kaltenkirchen, northern Germany. In: Geografisk Tidsskrift, 75, S. 8–12 und unter: <http://tidsskrift.dk/index.php/geografisktidsskrift/article/view/6949/13251>
- SVENSSON, HARALD (1984): The periglacial form group of Southwestern Denmark. In: Geografisk Tidsskrift 84, S. 25–84 und unter <http://www.tidsskrift.dk/index.php/geografisktidsskrift/article/view/4475/8379>
- KARTEN:  
Geologische Karte von Schleswig-Holstein 1:25 000, Blatt 1222 Flensburg-Süd, Kiel 1995  
Geologische Karte von Schleswig-Holstein 1:25 000, Blatt 1223 Husby, Kiel 1995



Abb. 15: Luftbild Polygonmuster Ellingstedt 5.6.2008, Blickrichtung Südwest. Dieses Vorkommen in der Schleswiger Vorgeest lässt sich dadurch erklären, dass hier vor-weichselzeitliche Ablagerungen den Sander durchragen, wie es entlang der Sander-Grenze zum Östlichen Hügelland immer wieder der Fall ist. Das wäre näher zu untersuchen.



Abb.16: Luftbild Polygonmuster Timmaspe 26.5.1992. Im Bereich Timmaspe – Gnutz treten großflächig und feldübergreifend Polygonnetze auf.



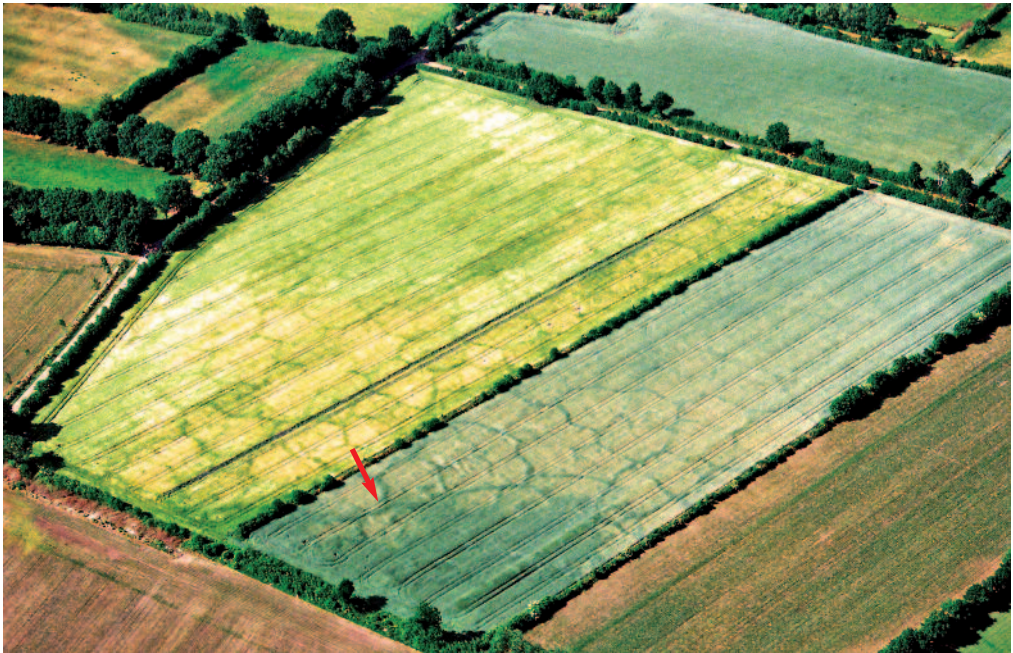


Abb. 17: Luftbild Polygonmuster Gnutz-Süd 5.6.2008. Die im hohen Getreide deutlich erkennbaren Polygonnetze sind terrestrisch praktisch nicht zu erkennen. Das zeigt der Vergleich dieses Luftbildes mit Abb. 18.



Abb. 18: Polygonmuster Gnutz-Süd 10.6.2008, vom roten Punkt in Abb. 17 aus zu den Bäumen 1 und 2. Der im Luftbild sichtbare Polygonstreifen ist hier nur zu erahnen, wenn man es vorher weiß und ihn in der etwas dunkleren Tönung wiedererkennt, die im Bild von rechts unten sich verjüngend nach links oben ins Feld zieht. Der Schattenwurf der Büsche ist demgegenüber schon massiv dunkler.





Abb. 19: Luftbild Polygonmuster bei Niebüll 26.5.1992, Blickrichtung West auf die B5 (hell, im Hintergrund, mit Kreuzung der K115 links) und davor die parallele Bahnlinie Niebüll–Husum, 1 km südöstlich Niebülls. Die Polygonmuster im Vordergrund sind nur inselartig auf den trockeneren Arealen des Kornkooges zu erkennen. In den weiten Arealen dazwischen ist der Bewuchs offensichtlich flächig so gut mit Wasser versorgt, dass sich keine Wuchsmerkmale ausgebildet haben.



Abb. 20: Luftbild Polygonmuster Großsoltbrück 26.5.1992, Blickrichtung Nord. Das Vorkommen liegt nördlich des kleinen Nadelwäldchens im Vordergrund auf einer Anhöhe 46 m über NN und erstreckt sich über die große braungüne Weidefläche in der Bildmitte bis in die Randbereiche des westlich und östlich gelegenen Feldes. Darüber im Bild fließt in einer grünen Talung die Kielstau mit Fortsetzung links unten unter der Straße hindurch. Die Polygone haben Durchmesser von gut 20 m. Im östlichen Teil der Weide sind sie wegen flächenhafter Verdorrung des Grases unkenntlich geworden. 1 = Aufnahmepunkt von Abb. 21, 2 = Aufnahmepunkt von Abb. 22.





Abb. 21: Polygonmuster Großsoltbrück 11.7.1992. Die Aufnahme zeigt die Polygone vom Standpunkt 1 der Abb. 20 aus mit Blickrichtung Süd auf das Wäldchen, das in Abb. 20 am unteren Bildrand liegt. Das schwarzbunte Rind kommt gerade entlang eines Polygonstreifens (negatives Wuchsmerkmal) auf den Fotografen zu. Zum Aufnahmezeitpunkt dauerte die Dürre schon 46 Tage über den Termin der Luftbildaufnahme hinaus.



Abb. 22: Polygonmuster Großsoltbrück 11.7.1992. Das Bild zeigt vom Standpunkt 2 der Abb. 20 – auf dem Knick zwischen Weide und Haferfeld – mit Blickrichtung Nordost den Schnittpunkt dreier Polygone im Haferfeld, der im Luftbild Abb. 20 am rechten Bildrand zu erkennen ist. Das Wuchsmerkmal, mit dem sich der Polygonstreifen hier zeigt, ist minderwüchsiger verdorrter Hafer, der im Streifen etwa 30 bis 50 cm niedriger als im grünen Feldteil ist. Der Streifen ist 1 bis 2 Meter breit (Maßstab = 1 m). Im Hintergrund ist der Hafer flächenhaft verdorrt; diese Fläche ist in Abb. 20 keilförmig zu erkennen.