Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Trotter) – ein altes, unbekanntes Getreide wird Mode.

Ursula Heiniger

Projektarbeit des Zertifikationsstudienganges ‚Ethnobotanik und Ethnomedizin 2009', Universität Zürich

Oktober 2009 Idaplatz 9, 8003 Zürich

Inhalt

1 Zusammenfassung 3

2 Einleitung 4

3 Tef 4
3.1 Herkunft 5
3.2 Biologie 5
3.3 Agronomie 5
3.4 Tef: Ernährungs-Physiologie 6

4 Tef-Züchtung 7
4.1 Tef-Sorten 7
4.2 Züchtungsziele und Methoden 8
4.3 Bäuerliche Selektion 8
4.4 Selektion und gezielte Kreuzungen 9
4.5 Marker-gestützte Selektion und Mutagenese mit Tilling. 9

5 Zöliakie (Glutenunverträglichkeit, Weizenunverträglichkeit, Spru) 10

6 Tef in der glutenfreien und gesunden Ernährung 11

7 Weltproduktion von Tef 11

8. ABS (Access and Benefit Sharing - Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechter Vorteilsausgleich) 13

9 Diskussion 16

10 Danksagung 16

11 Literatur 18

12 Links 21

Abbildungen 1 - 3 22

Tabellen
Tabelle 1. Getreideproduktion in Aethiopien, 2008. 25
Tabelle 2. Agronomische Eigenschaften von Tef (*Eragrostis tef*) 24
Tabelle 3. Krankheiten a), Schädlinge b) und Unkräuter c) von Tef (*Eragrostis tef*) 25
Tabelle 4. Tef – (*Eragrostis tef*) - Ertrag in Aethiopien 25
Tabelle 5. Inhaltsstoffe von Tef 26
Tabelle 6. Zöliakie-Tests 26
Tabelle 7. Getreide- und Futterertrag von Tef (*Eragrostis tef*) in verschiedenen Ländern 27

1 Zusammenfassung

Tef (*Eragrostis tef*) ist ein altes, genügsames Getreide, das seit Jahrtausenden in Aethiopien angebaut wird. Der Ertrag von Tef ist nicht gross, seine Körner sind klein und die Pflanze neigt zum Umknicken. In Aethiopien ist Tef eines der Hauptnahrungsmittel, woraus das traditionelle ‚Injera' gemacht wird. Tef ist glutenfrei und soll reich an Aminosäuren und Mineralien sein, v. a. an Eisen. Um den Tef-Ertrag zu steigern, wird in Aethiopien in Zusammenarbeit mit amerikanischen und europäischen Forschungsinstituten Tef gezüchtet: mit traditionellen Selektionen und Hybridisierung aber auch mit molekulargenetischer, marker-unterstützter Züchtung. Tef wird in Europa und den USA über Reformhäuser vermarktet und in äthiopischen Restaurants verwendet. Auf glutenfreie Nahrung sind Zöliakie-Betroffene angewiesen. Diese Autoimmunkrankheit wird durch Glutene ausgelöst, die in Weizen, Roggen und Gerste vorkommen und kann zu schwersten Verdauungs-Problemen führen. Die Zöliakie ist weltweit verbreitet. Deren Rate beträgt in Europa zwischen 0.5 und 1%. Die Krankheit ist genetisch bedingt, Umweltfaktoren können sie aber auslösen. So wird zur Risiko-Reduktion empfohlen, das Gluten bei Säuglingen nur in kleinen Dosen während des Stillens einzuführen. Tef wird in den USA und den Niederlanden angebaut als Futtergras und für Tef-Mehl in der Gesundheitsnahrung. Um diesen Anbau hat sich eine Kontroverse entwickelt, da sich der Abschluss von ABS (Access and Benefit Sharing) -Verträgen verzögert hatte und die Eigentumsrechte an Tef nicht geklärt seien.

In der Diskussion werden die Probleme kurz diskutiert, die sich aus 1) dem weltweiten Anbau von Tef und dessen Vermarktung ergeben und 2) der Wirkung der ‚Weizifizierung' auf die menschliche Gesundheit.

2 Einleitung

Tef – ein anspruchsloses Getreide, beheimatet in Aethiopien – wird von Reformhäusern in Europa und den USA angeboten mit Hinweisen auf seine ernährungsphysiologischen Werte: glutenfrei, mit einem tiefen glykämischen Index und hohem Eisen- und Fasergehalt.

In der folgenden Arbeit werde ich die Herkunft, Biologie und die agronomischen Eigenschaften von Tef und seine Bedeutung in Aethiopien beschreiben und einen kurzen Blick auf seine ernährungsphysiologischen Eigenschaften werfen. Das nächste Kapitel widmet sich der Tef-Züchtung und der Methoden, die in Aethiopien und in Europa verwendet werden. Tef gehört zu den seltenen und wenig studierten Kulturpflanzen (*orphan and underutilized crops;* Anonym, 2007) und es bedarf einiger Forschung, um den geringen Ertrag zu erhöhen. Ein weiteres Kapitel behandelt die Zöliakie, ihre Diagnose, Ursache und Therapie und ihre weltweite Verbreitung. Daraus leitet sich das nächste Kapitel ab, das die Bedeutung von Tef in der glutenfreien Ernährung schildert. Schliesslich wird in einem kurzen Ausblick auf die weltweite Tef-Produktion und die ABS-Konvention eingegangen. In der Schlussdiskussion wird ein Blick geworfen auf die Tef-Vermarktung, die möglichen Entwicklungen in der modernen Züchtung und die Probleme, die sich aus dem zunehmenden weltweiten Weizenkonsum ergeben.

3 Tef

Tef (*Eragrostis tef*) ist das wichtigste Grundnahrungsmittel in Aethiopien (Bozzini, 2004). Es wird für die Zubereitung der National- und Hauptspeise Injera verwendet. Dies ist ein weicher Sauerteig-Pfannkuchen, der mit verschiedenen Zutaten aus Gemüse und Fleisch serviert wird (Abbildung 1A-E; 3sat, 2009). Aus Tef werden auch Fladenbrote, Brei, Bier und Schnaps hergestellt. Sein Stroh liefert ein eiweissreiches Viehfutter und wird mit Dung vermischt zum Verputz von Häusern verwendet (Bultosa, 2008).

Auch die äthiopischen Bauern bevorzugen Tef, trotz des geringen Ertrages von 1.1 t/ha. Tef erträgt Trockenheit und auch eine gewisse Staunässe, hat keine Lagerschädlinge und sowohl Körner als auch Stroh haben einen guten Preise (Ketema, 1997). Im Jahre 2008 wurde Tef in Aethiopien auf einer Fläche von 2.547 Mio. ha angebaut, was einem Viertel der Getreidefläche entspricht. Die Ernte mit 2.845 Mio. t machte aber nur einen Sechstel der Gesamt-Getreideernte aus (Tabelle 1; FAO, 2009a). Allerdings sind die Preise für Tef höher als für Weizen. Seit 1994 ist der Tef-Anbau etwas zurückgegangen zu Gunsten von Weizen und Mais (Tabelle 1). Daneben bringt auch das Tef-Stroh einen Ertrag (Ketema, 1997). Weltweit ist Aethiopien der grösste Produzent von ‚übrigem Getreide' was dort v. a. Tef ist

(FAOSTAT, 2007). Das Tef wird lokal gebraucht und nur ein sehr geringer Teil wird exportiert (20'000 t; FAO, 2009a).

3.1 Herkunft

Tef ist in Aethiopien beheimatet (Vavilov, 1926, zit. in Ketema, 1997). Nach Ketema (1997) wurde Tef wahrscheinlich schon 4000 v. Chr. in Aethiopien eingeführt. In archäologischen Fundstätten wurden Tef-Körner in der Vor-Aksumit-Periode (d.h. vor 500 v. Chr.) nachgewiesen neben Gerste und wenig Weizen (Boardman, 1999). Genetische Untersuchen mit DNS RAPD *(random amplified polyphormic markers*) zeigen, dass Tef aus dem heimischen *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. domestiziert wurde (Bai et al., 2000). Dabei spielten der Ertrag und die Körnergrösse weniger eine Rolle als die Dürreresistenz und eine verminderte Samenschütte (D'Andrea, 2008). Die kleinen, gut lagerfähigen Körner kamen einem nomadischen Leben entgegen.

3.2 Biologie

Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] ; Syn. *Eragrostis abyssinica* (Jacq.) Link.; dt.: Zwerghirse, äthiopisches Liebesgras; Teff, T'ef) gehört in die Familie der Poaceae und die Unterfamilie Chloridoideae (Knuth, ex Beilschm.). Tef ist allotetraploid (2n=40) und chasmogam (selbstbestäubend). Mit 0.2-1% kreuzt es nur selten aus (Kemal Ali, 1996, zit. in Ketema, 1997). Als C_4-Pflanze ist Tef angepasst an heisses, trockenes Wetter (Ketema, 1997; Stallknecht, 1997) und entwickelt sich am besten bei einer Tageslänge von 12 Stunden. Die Getreidekörner sind klein (0.9-1.7 x 0.7-1.0 mm; Abbildung 2A,B; Ketema, 1997). Das 1000-Korngewicht beträgt nur 200-500 mg; eine Pflanze kann über 10'000 Körner produzieren (Tabelle 2). Die Körner-Farbe variiert von weiss bis dunkel braun, je nach Sorte (Abbildung 2C; Tadesse, 1975, zit. in Ketema, 1997). Die Pflanze produziert feine, verzweigte Halme mit kleinen Aehrchen (Abbildungen 2A und 3A-F). Die Frucht ist eine Karyopse, d.h. die Samenschale ist mit dem Perikarp verwachsen. Dank pektinhaltigen Schleimzellen in der Fruchtschale, welche die Feuchte zurückhalten und auch schnell aufnehmen, ist das Korn sehr trockenresistent (Kreischnitz et al., 2009).

3.3 Agronomie

Tef wächst in Aethiopien von 0 bis 2800 m ü. M. Den besten Ertrag erreicht es auf einer Höhe von 1800-2110 m ü. M. bei einem Jahresniederschlag von 750-850 mm und Temperaturen von 15-21° C (Tefera und Belay, 2006). Unter 250 mm Niederschlag und Temperaturen über 22° C während der Bestäubung führen zu empfindlichen Ertragseinbussen

(Ketema, 1997; Tadele, 1996). Im Norden von Aethiopien wird Tef während der Sommerregenzeit (Juni bis August) angesät und von Oktober bis Dezember geerntet (D'Andrea et al. 1999). Die Bedingungen der Tef-Produktion sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tef ist anspruchslos und erträgt sowohl Dürreperioden als auch Staunässe. Es ist aber sehr anfällig für Halmknicken, was die Erträge massiv senken kann. Tef kennt nur wenige Krankheiten und Schädlinge, die von untergeordneter Bedeutung sind. Das feine Gras wird aber von Unkräutern bedrängt (Tabelle 3). Tef gilt als eine Kulturpflanze mit wenig Risiko (Bultosa, 2008) und wird von den Bauern oft angepflanzt, wenn Weizen oder Mais nicht aufgegangen sind (Ketema, 1997).

Die Lagereigenschaften von Tef sind ausgezeichnet und die Keimfähigkeit bleibt lange erhalten (Zewdie und Ellis, 1991). Weder Insekten noch Pilze greifen die Körner an, nur vor Nagern müssen sie geschützt werden (Ketema, 1997).

Die äthiopische Landwirtschaft ist noch wenig mechanisiert. Gemäss NationMaster.com (2009a) verfügt das Land nur über 3000 Traktoren. Die Aecker werden vor der Aussaat 3-12 mal mit Ochsen (so vorhanden) gepflügt, um das Unkraut zu unterdrücken. Mit der Verwendung von Herbiziden ist eine Ansaat ohne Bodenbearbeitung möglich (*no tillage*; Burayu und Chinawong, 2005), was Bodenerosion verhindert. Die Ansaat von Tef geschieht meist von Hand, 15-30 kg/ha genügen. Oft werden aber zur Unkrautunterdrückung 40-50 kg/ha gesät. Die Saaten müssen regelmässig gejätet werden (2-4 mal); dies erfolgt meist von Hand (Burayu und Chinawong, 2005). Reichere Bauern verwenden zur Unkrautbekämpfung 2,4-D. Eine bescheidene N- und P-Düngung wird empfohlen. Bei zu starker Düngergabe erhöht sich die Gefahr des Umknickens. Die Ernte des Heus erfolgt 2-3 Monate, des Getreides 2-5 Monate nach der Saat. Tef toleriert keine Zwischensaaten. Das Dreschen erfolgt von Hand (Abb. 2E) oder mit Ochsen.

Der Ertrag von Tef variiert stark (Tabelle 4). Er hängt von den Sorten, den Witterungsbedingungen und der Bewirtschaftung ab.

3.4 Tef: Ernährungs-Physiologie

Tef wird in Reformhausangeboten als glutenfreies Getreide mit hohem Lysin- , Eisen- und Fasergehalt und einem tiefen glykämischen Wert vermarktet. Deshalb gebe es in Afrika weniger Anämie, Osteoporose und Diabetes und die äthiopischen Athleten würden Topleistungen zeigen (z. B. http://www.teff-flour.co.uk).

Der Nährwert von Tef ist vergleichbar mit demjenigen von Weizen (Ketema, 1997).

- Obwohl Tef mit den glutenhaltigen Getreiden nah verwandt ist, gilt es als glutenfrei. Gluten ist eine wasserunlösliche Proteinfraktion von Weizen, Roggen und Gerste. Die Alkohol-Fraktion des Gluten (ca. 50%) enthält die Prolamine (Gliadin im Weizen, Secalin im Roggen und Hordein in der Gerste). Die Prolamine von Tef sind denjenigen von Mais und Hirse ähnlich (Tathma et al. 1996) und lösen wie diese auch keine Zöliakie aus. Im Codex alimentarius (2008) sind die Standards für Glutenfreiheit (d.h. die Abwesenheit von Glutenen aus Weizen, Roggen und Gerste) festgehalten. Die Proteine aus Tef stimulieren – anders als die Glutene von Weizen und Gerste - Gli-α2/9 epitop-spezifische T-Zellen-Klone nicht (Spaenij-Dekking et al. 2005) und es kommt nicht zur immunologischen Reaktion.
- Der Lysin-Gehalt ist bei Tef (3.68 g/16 g N) höher als bei Weizen (2.08 g/16 g N) (Tabelle 5, Ketema, 1997).
- Die Höhe des Eisengehaltes ist umstritten. Für rotes Tef wird ein Gehalt von 19.6 mg/100 g und für weisses Tef von 11.5 mg/100 g angegeben, wesentlich mehr als für Weizen (4.0 mg/100g für Winterweizen und 7.8 mg/100 g für Frühlingsweizen [Ketema, 1997]). Der Fe-Gehalt variiert je nach Quelle (Tabelle 5). Der vermeintlich hohe Eisengehalt wird auf Kontaminationen beim Dreschen auf nackten Böden zurückgeführt (Ketema, 1997). Tef-Körner, die auf dem Labortisch verarbeitet wurden, haben jedenfalls keinen ausserordentlichen Eisengehalt (Tadele, mündl. Mitteilung 2009).
- Die Karyopse von Tef lässt sich nicht oder nur schlecht schälen; daraus ergibt sich ein hoher Fasergehalt (Tabelle 5).

4 Tef-Züchtung

4.1 Tef-Sorten

Seit Generationen selektionieren die äthiopischen Bauern Tef mit besseren, angepassten Eigenschaften. Schwerwiegende Nachteile sind der kleine Ertrag und das Umknicken bei Wind und Regen. Sorten mit weissen Körnern sind gefragter als mit braunen, obwohl diese nährstoffreicher sind.

Am ‚Institute of Biodiversity Conservation (IBC)' von Aethiopien sind 4741 Samenproben (accessions) von Landrassen aus verschiedenen ökologischen Regionen eingelagert. Sie werden *ex situ* bei -10° C konserviert. Die genetische Diversität von Tef ist gross, wie Untersuchungen von phänologischen Markern an 144 Sorten aus 10 Regionen zeigten (Adnew et al., 2005). Dabei ist die Diversität innerhalb der Regionen grösser als zwischen den Regionen. Weitere grössere Samensammlungen gibt es auch in Australien (20 Samenproben), Deutschland (34), Japan (137), Indien (253; alle aus den USA), USA (369)

(WISH_GPA, 2009). Insgesamt 17 verbesserte Tef-Sorten wurden am ‚Debre Zeit Agricultural Research Centre (DZARC) of the Ethiopian Institute of Agricultural Research (EIAR)' von 1970 bis 2007 evaluiert und für den Anbau freigegeben (Assefa et al., 2009).

4.2 Züchtungsziele und Methoden

Die wachsende Bevölkerung und die sich verschlechternde Umweltbedingung für andere Kulturpflanzen verlangen in Aethiopien nach einer verbesserten Tef- Produktion (EIAR, 2009). Seit 1966 wird die Tef-Züchtung am DZARC ausgeführt mit dem Ziel eines erhöhten Ertrages in den verschiedenen Anbaugebieten (Abb. 2C; Assefa et al. 2009). Der Tef-Ertrag stieg zwischen 1960 bis 1995 von 3425 kg/ha auf 4955 kg/ha unter guten Wachstumsbedingungen (Teklu und Tefera, 2005). Am DZARC wird mit konventionellen Methoden und Beteiligung lokaler Partner gezüchtet und selektioniert. In Zusammenarbeit mit ausländischen Universitäten werden auch moderne Züchtungsmethoden verwendet (‚marker assisted breeding' und 'tilling': siehe unten).

Die wichtigsten Züchtungsziele sind:

- Zwergformen: um das Umknicken zu verhindern und damit Düngung zu erlauben
- Standfestigkeit
- Ertragserhöhung
- reduziertes Samenschütten
- Wachstum in trockenen Gegenden
- Korn-Farbe, bevorzugt wird weiss
- Für Europa und USA: Anpassung an Langtagverhältnisse und feuchtere Wachstumsbedingungen

Die folgenden Züchtungsmethoden werden in Aethiopien angewandt:

1. Selektion mit Partizipation der Bauern
2. Selektion und gezielte Kreuzungen
3. Marker-gestützte Selektion und Mutagenese mit Tilling (mit ausländischen Partnern)

4.3 Bäuerliche Selektion

Die äthiopischen Bauern haben eine lange Tradition der Tef-Selektion. Noch heute betreiben viele Bauern die konstante Auslese ihres Saatgutes und erhalten damit auch höhere Erträge (Haddis und Berg, 2008). In Zusammenarbeit mit Bauern werden am DZARC lokale Sorte und ausgewählte Kreuzungen getestet. Bis jetzt wurde eine ausgewählte Land-Sorte zugelassen mit gutem Ertrag und sehr weissen Körnern (Belay et al., 2008).

4.4 Selektion und gezielte Kreuzungen

Die verschiedenen Tef-Sorten dienen als Ausgangsmaterial für Selektionen und Züchtungen. Das Kreuzen von Tef mit anderen Sorten oder *Eragrostis pilosa* ist schwierig und mühsam, da die Blüten extrem klein, selbstbestäubend und chasmogam sind. Sie öffnen sich zwischen 6.45 und 7.45h und müssen unter dem Stereomikroskop bestäubt werden (Ketema, 1997).

4.5 Marker-gestützte Selektion und Mutagenese mit Tilling.

Molekulargenetische Methoden erlauben es heute, in Züchtungen gezielt nach Gensequenzen zu suchen, die für bestimmte Eigenschaften kodieren. Dies beschleunigt die Züchtung, ist es doch nicht mehr nötig, die ausgekreuzten Pflanzen bis zur Samenreife zu ziehen und ihre Merkmale zu beobachten. Einen Ueberblick über die wichtigsten Methoden geben Assefa et al. (2009).
Am DZARC fehlt die Infrastruktur, um die Tef-Züchtung mit modernen Methoden voranzutreiben. In Zusammenarbeit mit der Cornell Universität, USA (Prof. M.E. Sorrells) wurden genetische ‚Linkage Maps' für Tef erstellt und verschiedene QTLs (quantitative Merkmalsgene) für Umknicken, Ertrag und weitere, quantitative phänologische Merkmale identifiziert (Yu et al. 2006). Mit somatischer Embryogenese hofft die Arbeitsgruppe den Prozess beschleunigen zu können. Erste Versuche mit Transformation von Gewebekulturen oder Samen wurden durchgeführt (Assefa et al. 2009).

Die Arbeitsgruppe um Z. Tadele an der Universität Bern, CH widmet sich der Tef-Züchtung mit dem Ziel, kleinere, kräftige Pflanzen zu erhalten, die nicht umknickgefährdet sind und auf Dünger gut reagieren, um den Ertrag zu erhöhen (Tadele et al. 2009; Esfeld, et al. 2009; Schipper, 2009). Mit ‚*tilling*' (*targeting induced local lesions in genomes* = gezielt induzierte, lokale Läsionen im Genom) hofft Tadele schneller als mit traditioneller Züchtung geeignete Pflanzen zu erzeugen. Mit Ethyl-Methansulfonate (EMS) wurden in 10'000 Samen Mutationen ausgelöst. Diese Samen wurden ausgesät, die kleinsten Pflanzen ausgewählt und weiter vermehrt, um möglichst homozygote Pflanzen mit den gesuchten Genen zu erhalten. Die genetische Prüfung von 6000 Pflanzen ist in Bearbeitung. Dabei werden Blattstücke der kleinsten Pflanzen mit molekulargenetischen Methoden auf Gensequenzen geprüft, die beim verwandten Reis für Zwergwuchs kodieren (HIGH-TILLERING *DWARF1*, Zou et al., 2006; OsDWARF4, Sakamoto et al., 2006). Samen von den besten Pflanzen werden anschliessend in Aethiopien am DZARC vermehrt und im Feld getestet oder mit lokalen Sorten weiter gekreuzt. Alternativ werden auch etwa 500 äthiopische lokale Sorten auf Gene für

Zwergwuchs und grossen Ertrag untersucht. Sind die Gene vorhanden, werden die Pflanzen für Kreuzungsexperimente weiter verwendet (*ecotilling*; Tadele et al. 2009). Assefa (mündl. Mitteilung), Leiter der Tef-forschung am DZARC, hat allerdings Vorbehalte, ob kräftigere Sorten von den Bauern akzeptiert werden, da das feine Heu ein wichtiges Futtermittel ist.

5 Zöliakie (Glutenunverträglichkeit, Weizenunverträglichkeit, Spru)

Zöliakie ist eine Autoimmunkrankheit, die durch Gluten ausgelöst wird. Die Glutene sind schwer verdaulich und lösen im Dünndarm von Zöliakie-Patienten eine Immun-Reaktion aus. Die Darmzotten degenerieren, womit die Nahrungsaufnahme schwer beeinträchtig wird (Green und Cellier, 2007; Fasano, 2009). Die Symptome reichen von leichten Verdauungsbeschwerden bis zu schwersten Durchfällen und Wachstumsverzögerungen bei Kindern (Table 6; Caicedo und Hill, 2008). Die Krankheit ist genetisch bedingt, wird aber durch Umweltfaktoren ausgelöst. Insgesamt 95% der Personen mit einer Zöliakie haben die Genvarianten HLA-DQ2 oder HLA-DQ8 (histokompatible Leukozyten-Antigene). Nahe Verwandte dieser Personen habe deshalb ein erhöhtes Risiko (Fasano, 2009). Nicht alle Genträger entwickeln aber eine Zöliakie.
Zur Diagnose der Zöliakie werden verschiedene serologische Tests verwendet, meist gefolgt von einer Darmbiopsie, die atrophierte Darmzotten zeigt (Tabelle 6; Cohen und Barnard, 2008). Zur Diagnose gibt es einige offene Fragen. Die immunologischen Tests sind nicht 100% spezifisch und sprechen bei Patienten, die gluten-frei leben, nicht an (Auricchio und Troncone, 2008).

Verbreitung: Mit den neuen, schnellen Diagnosemethoden konnte gezeigt werden, dass die Krankheit viel häufiger ist, als früher angenommen. In Europa sind 0.4 - 0.75% der Bevölkerung betroffen. In genetisch isolierten Volksgruppen wie in Finnland, N-Irland und Sardinien steigt diese Zahl auf 1% (Catassi und Yacha, 2008). Entgegen früheren Annahmen ist die Krankheit weltweit verbreitet. So sind beispielsweise in Tunesien ca. 0.6% der untersuchten Schulkinder betroffen (Ben Hariz et al., 2007) und in Nord-Indien (0.3 % der Schulkinder; Sood et al., 2006). Zuverlässige Daten für die Gesamtbevölkerung sind selten vorhanden, da die Untersuchungen meist an symptomatischen Patienten durchgeführt wurden. Eine sehr hohe Zöliakie-Rate (5.6%) wurde bei Saharawi-Kindern diagnostiziert, die in einem algerischen Flüchtlingslager leben (Rätsch und Catassi, 2001). Die Saharawi, ein kleines Nomadenvolk der Sahara, ernährt sich v. a. mit Sorghum und Ziegenfleisch, sie sind also normalerweise keinem Weizen ausgesetzt. Die Nahrung in den Flüchtlingslagern besteht aber zu einem beträchtlichen Teil aus Weizen und führt zu entsprechenden Problemen bei den

Flüchtlingen. So entwickelten sich Saharawi Kinder, die zur Erholung in Italien waren, unter glutenfreier Diät besser (Scalici, et al., 2005).

Therapie: Die Therapie besteht aus einer strikten glutenfreien Ernährung. Diese ist schwierig einzuhalten, da Weizenproteine vielen industriellen Nahrungsmittel zugefügt werden. Schon eine Kontamination mit glutenhaltigen Mehlen während dem Mahlprozess oder der Zubereitung ist nicht tolerierbar (Vorschriften sind im Codex alimentarius [2008] festgehalten).

Vermeidung: Zur Senkung des Zöliakie-Risikos wird den Müttern heute empfohlen, das Gluten vor 6 Monaten und noch während des Stillens in kleinen Dosen in die Säuglingsnahrung einzuführen (Ivarsson et al. 2008, Poole et al. 2006). In Schweden wurde zwischen 1984 und 1996 eine Zöliakie-Epidemie beobachtet. 3% der Kinder waren betroffen, im Vergleich zu 0.5% der Gesamtbevölkerung (Ollson et al., 2008). Die Epidemie wurde auf eine Aenderung der Säuglingsernährung in diesen Jahren zurückgeführt: späteres Einführen von glutenhaltiger Nahrung (6 statt 4 Monate) in sehr hohen Gluten-Dosen.

6 Tef in der glutenfreien und gesunden Ernährung

Zöliakie: Das wichtigste Verkaufsargument für Tef ist dessen Glutenfreiheit. In den NL konsumieren 66% der Zöliakie-Patienten Tef und dies ohne Nebenwirkungen (Hopman et al., 2008). Tef soll - anders als die gluten-freien Mehle von Reis, Mais und Hirse - gute Backeigenschaften haben.

Diabetes: Die meisten Anbieter von Tef-Produkten weisen auf den tiefen glykämischen Index von Tef hin und dessen Eignung in der Diät von Diabetikern. Es gibt Hinweise, dass der hohe Fasergehalt und der tiefe glykämische Index von Tef vor Diabetes schützen. Jedenfalls stieg die Verbreitung von Diabetes bei äthiopischen Immigranten in Israel 2.5 bis 4 Jahren nach Ankunft stark an (zit. in Faust et al. 1988).

Der hohe Eisengehalt von Tef erklärt den höheren Hämoglobin-Wert bei Aethiopiern. Dies verhindert Hakenwurm-Anämien und Blutarmut während der Schwangerschaft (Ketema, 1997).

Oesophagus-Krebs: Eine äthiopische Studie zeigte, dass dieser Krebs bei Tef-Essern (0.7%) weniger häufig ist als bei Weizen-Essern (6.5%) (Mengesha und Ergete, 2005).

7 Weltproduktion von Tef

Tef wird auf dem Weltmarkt nicht gehandelt und taucht deshalb in den Statistiken nicht auf. In Ländern des Nordens besteht eine kleine, aber steigende Nachfrage nach Tef (Lacey, 2005), da äthiopische Immigranten und äthiopische Restaurants nach Tef verlangen. Als

glutenfreies Mehl mit gutem Nährwert und guten Backeigenschaften wird es in Reformhäusern angeboten und als Zusatz in der Lebensmittelindustrie verwendet.

Das Hauptproduktionsgebiet für Tef ist Aethiopien. Dort wurden 2007 2.4 Mio. t produziert. Aethiopien ist gemäss FAO-Statistik führend in der Produktion von ‚andere Getreide', das in Aethiopien v.a. Tef ist. (FAOSTAT, 2007). In Aethiopien kommt der Anbau von Tef mengenmässig nach Mais (3.3 Mio. t) und vor Weizen (2.2 t). Von den 2.8 Mio. t, die 2008 produziert wurden, wurden nur 20'000 t exportiert (Tabelle 1; FAO, 2009a).

Wegen seinen guten Eigenschaften, v. a. Glutenfreiheit, könnte Tef zu einem äthiopischen Exportprodukt werden und den Bauern ein zusätzliches Einkommen liefern. Dies mag allerdings eine fragwürdige Entwicklung sein, angesichts der Tatsache, dass in Aethiopien für 2009 mit einem Nahrungsmitteldefizit von 316'000 t Getreide gerechnet wird (WFP Ethiopia, 2009).

In Europa wird Tef nur in den Niederlanden in grösserem Masse angebaut. 150 Bauern pflanzten im Jahre 2003 Tef an. Wegen dem feuchten Wetter ist die Tef-Qualität allerdings gering (NationMaster.com, 2009b). Die Niederländische Firma HPFI (Health & Performance Food International bv) handelt auch mit Tef-Saatgut und produziert Mehl. Ihre Produkte vermarket sie unter der international registrierten Marke eragrain® (http://www.soilandcrop.com, http://www.markenschutz-online.net). Speziell im Fokus sind glutenfreie Lebensmittel, Sportler-Nahrung und Gesundheitsnahrung. Laut Firmen-Information (Turkensteen, 2009) wäre eine Mischung aus äthiopischem und europäischem Tef für gute Backqualität zu bevorzugen. Das äthiopische Tef komme von Idaho, USA. HPFI plane deshalb, Tef unter guten Bedingungen aus Aethiopien zu importieren: der Export sollte 1. den lokalen Bauern-Organisationen ein gutes Einkommen bringen, 2. nur zusätzlich angebautes Tef betreffen, das 3. unter umweltfreundlichen Bedingungen angebaut wird.

‚The Teff Company' produziert Tef seit 25 Jahren in Idaho und verkauft es in den USA und Canada (NationMaster.com, unbekannt 2009 b). Die Firma Cal/West Seeds (2009) in Kalifornien entwickelt Tef Sorten mit höherem Ertrag und verbesserter Futterqualität. Mit Bewässerung liefern diese Sorten 10-15t/ha Futter. In Nevada produziert Davison mit modernen Anbaumethoden (Bewässerung, Düngung und Herbizid-Behandlung) im Durchschnitt 1.2 t/ha Körner und 8.5 –12 t/ha Futter (Tadele, pers. Mitt.). Auch in Kansas wird versucht, Tef anzupflanzen. Offenbar mit wenig Erfolg, da das Getreide nicht gleichmässig reift und schwierig zu ernten ist (UPI.com, 2009). In South Dakota wird Tef-Futter produziert mit einem Ertrag 4-11 t/ha ohne und 15 t/ha mit Bewässerung. Starke Winde verschlechtern das Blühen und verletzen die Pflanzen (Ecocrop/FAO, unbekannt).

Weitere Tef-Produzenten sind Grain Carlson, Idaho (Körner) und Forage Larson Minnesota (Futter) (Stallknecht, 1997). Die weltweiten Erträge von Tef sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tef wird auch in anderen Weltgegenden in kleinen Quantitäten angebaut. Die Mengen liessen sich allerdings nicht eruieren. Nach Ketema (1979) importierten die Royal Botanical Gardens, UK im Jahre 1866 Tef-Saatgut von Aethiopien. Dieses wurde nach Indien, Australien, den USA und Südafrika verteilt. 1911 kam Tef nach Zimbabwe, Mozambique, Kenia, Uganda, Tansania, 1916 nach Californien, USA, Malawi, Zaire, Sri Lanka, Neuseeland und Argentinien und 1940 nach Palästina. In Südafrika, Australien und den USA wird Tef hauptsächlich als Futter angebaut (Bozzini, 2004).

Viele Tef-Produkte (Mehl, Brot, Teigwaren und Gebäck) werden in Reformhäusern und übers Internet angeboten. Eine Web-Site preist Tef aus Afrika an (Teff-Shop.de, 2009). Bei den Internet-Angeboten fehlen die Herkunftsbezeichnungen meistens. Und auf den im Reformhaus gehandelten Mehlen ist sie ebenfalls nicht angegeben. (Das Teff-Mehl von ‚3 Pauli', angeboten in einem Zürcher Reformhaus, hat keine Herkunftsangabe).

In Europa wird wahrscheinlich v. a. die Tef-Sorte eragrain® der niederländischen Firma HPIF vermarktet. Eine Google-Suche nach ‚eragrain® und gluten' ergab über 36'000 Treffer (23.10.2009).

8 ABS (Access and Benefit Sharing - Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechter Vorteilsausgleich)

Das Uebereinkommen über die biologische Vielfalt (*Convention on Biological Diversity,* CBD) wurde an der UNCED Rio-Konferenz 1992 verabschiedet. Der Zugang und die Nutzung der genetischen Ressourcen wird im *Access and Benefit Sharing*-Abkommen (ABS) geregelt. Das seit Jahrhunderten von den äthiopischen Bauern selektionierte und angebaute Tef untersteht auch diesen Regeln.

Um den Anbau von Tef und den Verkauf von Tef-Saatgut durch die Firma HPFI hat sich eine zweifache Kontroverse entwickelt. Ob es zu einer Einigung zwischen den Parteien gekommen ist, liess sich nicht feststellen. Es wurde kritisiert, dass HPFI a) ohne ein Abkommen mit Aethiopien Tef anbaue und von seinen Kunden Lizenzgebühren für Saatgut verlange und b) ein Patent beantrage auf die Produktion von Tefmehl und dessen weitere Verarbeitung.

a) Die HFPI erhielt 2004 den ‚Captain Hook Award' von der ‚Coalition against biopiracy' mit der Begründung, sie monopolisiere Tef-Sorten. Entgegen ihrer Behauptungen habe die Firma noch keine Verträge mit Aethiopien für den Tefanbau und die Herstellung von Tef-

Produkten (Captain Hook Award 2004). In einem Vortrag bestätigte Turkensteen (2008a), dass HPFI mit Aethiopien im Jahre 2004 ein Abkommen getroffen habe, das es der Firma erlaube, Tefsaatgut weltweit zu verkaufen und nicht-traditionelle Lebensmittel daraus zu entwickeln. HPFI habe den exklusiven Zugang zu den äthiopischen Tef-Sorten. In der Zwischenzeit habe HPFI aus 375 Sorten 3 ausgewählt, die an das Europäische Klima und die Böden angepasst seien. Zusammen mit äthiopischen Wissenschaftern würden neue Sorten gezüchtet. Der Anbau von Tef sei in Europa und den USA profitabel. 5% des Nettogewinnes gehe an einen Fonds in Aethiopien zur Schaffung nachhaltiger Arbeitsplätze in der Landwirtschaft. 30% des Nettoerlöses von Tef-Saatgut und 10 Euro/ha Tef gehen ebenfalls nach Aethiopien.

Der Vertrag ‚*Teff-ABS-Agreement-2004-12.doc Institute of Biodiversity Conservation (IBC), Ethiopian Agricultural Research Organization (EARO) and Health and Performance Food International bv. (HPFI), 2004. Agreement on access to, and benefit sharing from, Teff genetic resources*' ist – ununterzeichnet – unter http://www.absafrica.info/bioprospecting_cases.html abgelegt. Im Anhang 1 des Vertrages sind die betroffenen 20 Tef-Sorten ausgelistet, von denen HPFI im Jahre 2004 8 registrieren lassen wollte. Im Anhang 2 sind die Abgaben definiert, die für den Anbau in Nordamerika und Europa geleistet werden müssen und im Anhang 3 sind die Artikel aufgelistet, die die Firma produzieren kann.

Am 17.12.2004 wurde der Sortenschutz für drei Tef-Sorten (Tesfaya, Ayana und Adina) von Stichting (Foundation) SCEAR beim ‚Gemeinschaftlichen Sortenamt' beantragt und anschliessend gewährt (CPVO Community Plant Variety Office, 2009).

b) Unter der Nr. EP1646287 wurde am 6.1.2006 beim Europäischen Patentamt ein Patent mit dem Titel ‚*Verarbeitung von Teff-Mehl'* eingereicht, das am 10.1.2007 bewilligt wurde (EPA, 2009). Das Patent wurde gleichzeitig auch in den USA, Japan, den Niederlanden und Spanien eingereicht (espace@net, unbekannt). Swertse (2008) kritisierte dieses Patent: seine Untersuchungen hätten gezeigt, dass die Fallzahl (Mehlqualität) nicht vom Mahlprozess, sondern von der Tef-Sorte abhängig sei und dass die einheimischen Tef-Konsumenten alle wüssten, dass die Körner gelagert werden müssten. Dies sei traditionelles Wissen. Auch seien die Herkünfte der Tef-Sorten nicht angegeben.

Eine Stellungnahme von Turkensteen (2009) hält demgegenüber fest, dass zusammen mit der Deutschen Regierung ein Projekt mit der äthiopischen Regierung vereinbart wurde, um äthiopischen Bauernorganisationen zu unterstützen. Das Projekt werde aus den Profiten vom

Tef-Verkauf finanziert. Er stellte weiter fest, dass kein traditionelles Wissen gestohlen wurde und der Patentantrag sich nur auf das Mahlen von Tef beziehe.

9 Diskussion

Mehl und Backwaren aus Tef-Mehl werden in Europa und den USA als glutenfreie, gesunde Lebensmittel angepriesen und in Reformhäusern und übers Internet angeboten. Dank seinem hohen Gehalt an Proteinen, Mineralien (besonders Eisen) und Ballaststoffen gilt es als sehr gesund. Es soll für Diabetiker geeignet sein und gegen Uebergewicht wirken. Die hohen Leistungen der äthiopischen Athleten seien auf Tef-Genuss zurückzuführen. Ob sich alle Erwartungen, die an dieses Getreide gestellt werden, erfüllen, ist nicht klar. In den USA und den Niederlanden wächst Tef unter völlig anderen Bedingungen als in Aethiopien (Langtag, feuchtes Klima). Für das im Handel erhältliche Tef gibt es keine Herkunftsangaben, weder im Internet noch auf den Verpackungen.

Eine Firma (Teff-Shop, http://www.erde24.com) behauptet, dass sie das Tef aus Aethiopien importiere. Dabei stellt sich die Frage, ob es zulässig ist, aus einem Land, das auf Nahrungsmittelhilfe angewiesen ist und Weizen importieren muss, Getreide zu exportieren. Wird Tef exportiert, sollten dringend bindende Abkommen geschlossen werden, die den Bauern ein gerechtes Einkommen bieten und dafür sorgen, dass die Selbstversorgung gewährleistet bleibt. Tef steht in Europa unter Sortenschutz. Die geschützten Sorten können somit nur unter Lizenz angebaut werden, was den Markteintritt für Aethiopien und andere Firmen begrenzt. Die Nährstoffangaben für Tef variieren beträchtlich (Tabelle 5). Dies dürfte sowohl von der Tef-Sorte als auch den Wuchsbedingungen abhängen. Mit dem neu erwachten Interesse an Tef wird dieses Getreide wohl vermehrt auch in Europa und Nordamerika angebaut oder direkt von Aethiopien importiert werden. Dabei sollte das indigene Wissen der Aethiopier genügend vergütet werden. Auch Abkommen mit Aethiopien und der Sortenschutz auf Tef sollten nicht zu einem Monopol einer einzelnen, Markt beherrschenden Firma führen.

‚Weizifizierung': Weltweit erlangte der Weizen in den letzten Jahrzehnten eine immer grössere Bedeutung, während lokale Getreidearten (Sorghum, Hirsen, Tef, Buchweizen) teilweise verschwinden. Doch viele Sorten dieser Arten sind an lokale Wuchsbedingungen (Trockenheit, karge Böden) gut angepasst und sind für die Selbstversorger von grosser Bedeutung. Organisationen wie das ‚*International Centre for underutilised crops*' kümmern sich heute um die vernachlässigten Kulturpflanzen, verbessern die Pflanzen durch Selektion und Züchtung und entwickeln neue Anbaumethoden.

Zöliakie, aber auch Zivilisationskrankheiten wie Diabetes und Uebergewicht, nehmen in den Entwicklungsländern stark zu. Dies wird auf die Zunahme von westlicher Ernährung zurückgeführt. Insbesondere der Weizenkonsum (Brot und Teigwaren) steigt in vielen

Ländern, die traditionell Reis, Mais, Sorghum oder andere glutenfreie Getreide und stärkehaltige Samen (Buchweizen, Quinoa u. a.) anbauten und konsumierten. Noch sind viele Zöliakie-Fälle nicht diagnostiziert und werden mit Mangelernährung und Durchfällen verwechselt. Catassi und Yachha (2008) sprechen daher vom verborgenen Eisberg der Zöliakie und Ivarsson et al. (2008) fordern, den Zusammenhang zwischen westlicher Ernährung und zunehmender Zöliakie dringend zu untersuchen. Die weltweit verbreitete Zöliakie kann weiter an Bedeutung gewinnen in Ländern, wo das genetische Risiko gross ist und bis jetzt v. a. gluten-freie Getreide konsumiert wurden. Untersuchungen fehlen, ob Immigranten aus Ländern ohne Weizenkonsum, in Europa und N-Amerika mit der weizen-betonten Ernährung vermehrt von Zöliakie oder anderen Verdauungsbeschwerden betroffen sind.

Die Tef-Züchtung macht schnelle Fortschritte und neue Sorten versprechen höhere Erträge. Einige Züchtungsprojekte werden von Saatgut-Firmen unterstützt. Es ist zu hoffen, dass dennoch der Zugang zu diesem neuen Saatgut allen aethiopischen Bauern ohne finanzielle Auflagen zur Verfügung steht. Ertragreichere Sorten brauchen Dünger. Dies ist ein limitierender Faktor für die sich selbstversorgenden Bauern, die keinen Marktzugang haben und somit über wenig finanzielle Kraft verfügen.

In der Forschung wird versucht, Tef *in vitro* zu züchten. Dies nicht nur, um Tef zu konservieren oder zu vermehren, sondern auch mit der Option, Tef genetisch zu verändern. Abgesehen davon, dass dies die verfügbare Sortenvielfalt beschneiden könnte, da kaum Sorten für alle Wuchsbedingungen entwickelt werden, könnte dies den guten Ruf von Tef zerstören. Die gentechnik-skeptischen europäischen KonsumentInnen würden ein genetisch verändertes Tef in den Reformhäusern kaum akzeptieren.

10 Danksagung

Ich danke Herrn Dr. Z. Tadele und seinen Mitarbeiterinnen Korinna Esfeld und Sonia Plaza für die Einführung in die Tef-Züchtung und die anregenden Diskussionen. Caroline Weckerle, der Studienleiterin, danke ich für viele inspirierende Anregungen, gute Tips und sorgfältige Korrekturen.

11 Literatur

Adnew, T.; Ketema, S.; Tefera, H.; Sridhara, H. 2005. Genetic resources and crop evolution 52: 891-902.

Anonym. 2007. Scientists to discuss abandoned crops. Agric. Rev. April/June: 4-6.

Assefa, K.; Belay G.; Tefera H.; Yu J.-K.; Sorrells, M.E. 2009. Breeding tef: conventional and molecular approaches. In: New approaches to plant breeding of orphan crops in Africa. Tadele, Z. (Ed.). Proc. Int. Conf. 19-21 September 2007, Bern, Schweiz. S. 21-41.

Auricchio, R.; Troncone, R. 2008. Diagnosis of coeliac disease. Open questions. In: Fasano, A.; Troncone, R.; Branski, D. (Eds). Frontiers in celiac disease. Pediatr. Adolesc. Med. Basel, Karger, vol. 12: 99-106.

Bai, G.; Ayele, M.; Tefera, H.; Nguyen, H.T. 2000. Genetic diversity in tef [*Eragrostis tef* (Zucc) Trotter] and its relatives as revealed by Random Amplified Polymorphic DNAs. Euphytica 122: 15-22.

Belay, G.; Tefera, H.; Getachew, A.; Assefa, K.; Metaferia, G. 2008. Highly client-oriented breeding with farmer participation in the Ethiopian cereal tef [*Eragrostis tef* (Zucc.)Trotter]. African J. Agric. Res. 3: 22-28.

Ben Hariz, M.; Kallel-Sellamin, M. Kallel, L.; Lahmer, A.; Halioui, S.; Bouraoui, S.; Laater, S.; Sliti, A.; Mahjoub, A.; Zouari. B.; Makni, S.; Maherzi, A. 2007. Prevalence of celiac disease in Tunisia: mass-screening study in schoolchildren. Eur. J. Gastroenterol. Hepatolo. 19: 687-694.

Bijlmakers, H. 1989. Insect pest of cereals in Ethiopia. Identification and control methods FAO/UNDP Project ETH/86/029 Crop Protection Phase II, Addis Ababa, October 1989: http://ethiopia.ipm-info.org/ (20.10.2009)

Boardman, S. 1999. The agricultural foundation of the Aksumite empire, Ethiopia. In: The exploitation of plant resources in acient Africa. Ed. Van der Veen, M. Kluweer Academic/Plenum Publishers, New York: 101-122.

Bozzini, A. 2004. Tef and fonio: two examples of small cereal domestication. In: Batello, C.; Marzot, M.; Touré, A.H. Eds. The future is an ancient lake. FAO Interdepartmental working group on biological diversity for food and agriculture. Rome. 114-115.

Bultosa, G. 2008 (?). Tef (*Eragrostis tef*) grain and its crop residue utilisation. http://www.sik.se/traditionalgrains/review/Poster%20Presentations%20PDF%20files/bultosa.pdf (10.10.2009).

Burayu, W.; Chinawong, S. 2005. Conservation tillage-alternative systems of tef (*Eragrostis tef)*. Production for a semi-arid, Central Rift valley of Ethiopia. Kamphaengsaen Acad. J. 3: 1-10.

Caicedo, R.A.; Hill, I.D. 2008. Current guidelines for the diagnosis and treatment of celiac disease. In: Fasano, A.; Troncone, R.; Branski, D. (Eds). Frontiers in celiac disease. Pediatr. Adolesc. Med. Basel, Karger, vol. 12: 107-113.

Cal/West Seeds. 2009. http://www.calwestseeds.com/products/teff.cfm, 28.10.2009.

Captain Hook award. 2004. http://www.captainhookawards.org/winners/2004_pirates (19.10.2009).

Catassi, C.; Yacha, S. K. 2008. The global village of celiac disease. In: Frontiers in celiac disease. Fasano, A.; Troncone, R.; Branski, D. (Eds). Pediatr. Adolesc. Med. Basel, Karger, vol. 12: 22-31.

Codex alementarius. 2008. www.codexalimentarius.net

Cohen, M.B.; Barnard, J.A. 2008. The National Institutes of Health consensus conference report. In: Fasano, A.; Troncone, R.; Branski, D. (Eds). Frontiers in celiac disease. Pediatr. Adolesc. Med. Basel, Karger, vol. 12: 133-138.

CPVO Community Plant Variety Office. 2009. http://www.cpvo.europa.eu, 20.10.2009.

D'Andrea, A.C. 2008. T'ef (*Eragrostis tef*) in ancient agricultural systems of highland Ethiopia. Economic Bot. 62: 547-566.

D'Andrea, C.; Lyons, D.; Hasile, M.; Butler, A. 1999. Ethnoarcheological approaches to the study of prehistoric agriculture in the highlands of Ethiopia. In: The exploitation of plant resources in acient Africa. Ed. Van der Veen, M. Kluweer Academic/Plenum Publishers, New York: 101-122.

Ecocrop/FAO. unbekannt. *Eragrostis tef.* http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=5746 28.5.2009

EIAR. 2009. Ethiopian Institute of Agricultural Research http://vivo.cornell.edu/impact/individual/vivo/ImprovingtefinEthiopiabyprovidingresearchersaccesstothebenefitsofmolecularmarkers (20.10.2009).

EPA. 2009. Europäisches Patentamt, (https://register.epoline.org/espacenet/application?number=EP04774832&tab=main. 19.10.2009.

Esfeld, K.; Plaza, S.; Tadele, Z. 2009. Bringing high-throughput techniques to orphan crop of Africa: Highlights from the tef TILLING project. Genome Conserve 8: 803-897.

espace@net, unbekannt. (http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2005025319&KC=&FT=E), 10.10.2009.

FAO, 2009a. Special Report. FAO/WFP Crop and food security assessment mission to Ethiopia. 21. Januar 2009. http://www.fao.org/docrep/011/ai477e/ai477e00.htm (28.10.2009).

FAO, 2009b. National basic food prices - data and analysis tool http://www.fao.org/giews/pricetool/ (27.10.2009)

FAOSTAT, 2007. http://faostat.fao.org/ (10.10.2009).

Fasano, A. 2009. Surprises from celiac disease. Scientific American (August): 48-55.

Faust, M.; Spilsbury, J. C.; Loue, S. 1988. African Health. In: Handbook of Immigrant Health. Loue, S. (Ed.): 329-348.

Green, P.H.R.; Cellier, C. 2007. Coeliac disease. N. Engl. J. Med. 24: Oct.,1731-1740.

Haddis A. und Berg, T. 2008. Selectors and non-selectors: agricultural and socio-economic implications of on-farm seed selection in Ethiopia. Plant Genetic Resources Newsletter 145: 1-10.

Hopman, E.; Dekking, L.; Blokland, M.L.; Wuisman, M.; Zuijderduin, W. Koning, F.; Schweizer, J. 2008. Tef in the diet of celiace patients in the Netherlands. Scand. J. Gastroenterol. 43: 277-282.

Ivarsson A.; Myléus, A.; Wall, S. 2008. Towards preventing celiac disease – an epidemiological approach. In: Fasano, A.; Troncone, R.; Branski, D. (Eds). Frontiers in celiac disease. Pediatr. Adolesc. Med. Basel, Karger, vol. 12: 198-209.

Ketema, S. 1997. Tef, *Eagrostis tef* (Zucc.) Trotter. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 12. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben/international Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 50 Seiten. (http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/279.pdf).

Kreischnitz A.; Tadele, Z.; Gola, E.M. 2009. Slime cells on the surface of *Eragrostis* seed maintain a level of moisture around the grain to enhance germination. Seed Sc. Res. 19: 27-35.

Lacey, T. 2005. *Eragrostis tef* as a specialised niche crop. Farmnote 42. Dept. Agriculture, Gov. Western Australia.

Mengesha, B.; Ergete, W. 2005. Staple Ethiopian diet and cancer of the oesophagus. East Afrr. Med. J. 82 353-353).

NationMaster.com. 2009a. http://www.nationmaster.com/country/et-ethiopia/agr-agroculture&all=1 (18.9.2009).

NationMaster.com. 2009b. http://www.statemaster.com/encyclopedia/Teff (19.10.2009).
Ollson, C.; Hernell, O.; Hörnell, A.; Lönnberg, G.; Ivarsson, A. 2008. Differences in celiac disease risk between Swedish birth cohorts suggests an opportunity for primary prevention. Pediatrics 122: 528-534.
Poole, J.A.; Barriga, K.; Leung, D.Y.M.; Hoffman, M.; Eisenbarth, G.S., Rewers, M.; Norris, J.M. 2006. Timing of initial exposure to cereal grains and the risk of wheat allergy. Pediatrics 117: 2175-2182.
Rätsch, I.-M.; Catassi, C. 2001. Coeliac disease: a potentially treatable health problem of Saharawi refugee children. Bull. WHO 79: 541-545.
Sakamoto, T.; Morinaka, Y.; Ohnishi, T.; Sunohara, H.; Fujioka, S.; Ueguchi-Tanaka, M.; Mizuntai, M.; Sakata,K.; Taktsuto, S.; Yoshida, S.; Tanaka, H.; Kitano, H.; Matsuoka, M. 2005. Erect leaves caused by brassinosteroid deficiency increase biomass production and grain yield in rice. Nature Biotechnology 24, 105-109.
Scalici, C.; Licastro, G.; Manzoni, D.; Sferlazza, C. 2005. Celiac disease and the Saharawi. Clinical experience with Saharawi children. Acta Pediatrica Mediterranea: 21: 101-104.
Schipper, O. 2009. Neue Aussichten für vergessenes Getreide. Schweiz. Nationalfonds Horizonte, März : 28-30.
Sood, A.; Midha, V.; Sood, N.; Avasthi, G.; Seghal, A. 2006. Prevalence of celiac disease among school children in Punjab. J. gastroenterol. hepatol. 21: 1622-1625.
Spaenij-Dekking L., Kooy-Winklaar,Y.; Koning F. 2005. The Ethiopian cereal tef in celiac disease. New Engl. J. Med. 353: 1748-1749.
Stallknecht G.F. 1997.Teff. New crop FactSHEET. www.hort.pordue.edu.newcropfactsheets/teff.html (30.9.2009).
Swertse, D. 2008. Is it an act of biopiracy over Ethiopian most critical crop teff (*Eragrostis teff*)? (1. Mai 2008). http://www.tigraionline.com/biopiracy_teff.html (19.10.2009).
Tadele, Z. 1996. The agro-ecology and production technology of tef (*Eragrostis tef*) (nur Zusammenfassung). In: research achievements and technology transfer attempts: vignettes from Shewa, Abera, DeressaBeyene Seboka (IAR, Addis Abeba (Ethiopia) Eds. – Nazret: IAR 1996. S. 2-19 (http://www.fao.org/agris, 28.5.2009).
Tadele, Z.; Esfeld, K.; Plaza, S. 2009. Employing green revolution genes to improve orphan crop tef. In: New approaches to plant breeding of orphan crops in Africa. Tadele, Z. (Ed.). Proc. Int. Conf. 19-21 September 2007, Bern, Schweiz. S. 21-41.
Tathma, A.S.; Fido, R.J.; Moore, C.M.; Kasarda, D.D.; Kuzmicky, D.D., Keen, J.N.; Shewry, P.R. 1996. Characterisation of the major prolamins of tef (*Eragrostis tef*) and finger millet (*Eleusine coracana*). J. Cereal Sc. 24: 65-71.
Tefera, H.; Belay, G. 2006. *Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter. Record from Protobase. Brink, M.; Belay, (Eds.) PROTA (Plant resources of tropical Africa, Wageningen, Netherlands). http://database.prota.org/seearch.htm (10.6.2009).
Teff-Shop.de. 2009. (http://www.erde24.com/shop/index.php (17.9.2009).
Teklu, Y.; Tefera, H. 2005. Genetic improvement in grain yield potential and associated agronomic traits of tef (*Eragrostis tef*). Euphytica 141: 247-254.
Turkensteen, H. 2008a. Introduction to HPFI bv (Health & Performance Food International bv). 5 S. eragrain.pdf (www.ecnc.org).
Turkensteen H. 2008b Int. Conference ‚Business and Biodiversity', Bonn, 2. April, 2008. http://www.globalnature.org/bausteine.net/file/showfile.aspx?downdaid=6697 (10.10.2009).
Turkensteen, H. 2009. The Netherlands company Soil and Crop S&C says it is wrongly accused of bio-piracy to patent Ethiopian grain Teff 13.5.2008. http://www.tigraionline.com/sandc_responds.html (17.10.2009).

UPI.com, 2009. Teff farming in Kansas proves troublesome. http://www.upi.com/Top_News/2009/09/21/Teff-farming-in-Kansas-proves-troublesome/UPI-69791253550547/ (19.10.2009).

WFP Ethiopia. 2009: Ethiopia Country Office Food Security Update (24.2.2009) http://reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900sid/JBRN-7QAD4V?OpenDocument. 10.10.2009).

WISH_GPA. 2009. World information sharing mechanism on the implementation of the global plan of action for the conservation and sustainable use of PGRFA (Plant Genetic Resources for Food and Agrigulture) http://www.pgrfa.org/gpa/selectcountry.jspx (28.10.2009).

Yu, J.-K.; Kantety, R., V.; Graznak, E.; Benscher, D.; Tefera, H.; Sorrells, M.E. 2006. A genetic linkage map for tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. Theoret. and Appl. Genetics. 1093-1102.

Zewdie, M; Ellis, R.H. 1991. Responses of tef and niger seed longevity to storage, temperature and moisture. Seed Sc. and Technol. 19: 319-329.

Zou, J.; Zhang, S.; Zhang, W.; Li, G.; Chen, Z.; Zhai, W.; Zhao, X.; Pan, X.; Xie, Q.; Zhu, L. 2006. The rice *HIGH-TILLERING DWARF1* encoding an ortholog of Arabidopsis MAX3 required for negative regulation of the outgrowth of axillary buds. The Plant J. 48: 687-696.

3sat, 2009. Kulinarische Spurensuche 29.05.2009 (http://www.3sat.de/dynamic/sitegen/bin/sitegen.php?query_string=kulinarische+Spurensuche&days_published=365&scsrc=1 (19.10.2009).

12 Links

Ethiopian Agricultural Reserach Institute (EARC) http://www.eiar.gov.et/

Ethnomed-Ethiopia http://ethnomed.org/culture/ethiopian/ethiopian-homepage/

FAO http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=5746

FAO http://www.fao.org/

FAO http://www.fao.org/giews/pricetool/

FAOSTAT http://faostat.fao.org

Global facilitation unit for underutilized species http://www.underutilized-species.org

IG Zöliakie, CH http://www.zoeliakie.ch/

Institute of Biodiversity Conservation (IBC), Ethiopia http://www.ibc-et.org

Tef-Projekt der Uni Bern:

http://www.botany.unibe.ch/deve/research/projects/tefbiotech/index.htm

WHO http://www.who.int/en/

3sat Mediathek http://www.3sat.de/

Abbildungen

Abbildung 1: A, B Zubereitung von Injera, C Injera mit Beilagen, D Markt in Lalibela, ET. 3.3.2008, E Tef Verkauf in Lalibela, ET. 3.3.2008.

Abbildung 2. Tef. A: Tef-Aehre; B: Tef-Körner, ca. 1 mm lang; C. Tef-Sorten; D: Tef-Sammlungg am ‘Agricultural Research Institute’, Debre Zeit; E: Dreschen von Tef; F: Tef Heu.

Abbildung 3. A Junge Tef-Pflanzen am Inst. Pflanzenwissenschaften, Univ. Bern, 30.9.2009
B Eragrostis tef im Botanischen Garten Zürich. C, D: 7. August 2009; E, F: 9. September 2009:

Tabellen

Art	Tef	Gerste	Weizen	Mais	Sorghum	Finger-hirse	andere	Literatur
Fläche 1’000 ha	2'548	951	1'507	1'978	1'552	401	62	FAO, 2009a
Ertrag (t/ha)	1.1	1.6	2.1	2.4	1.7	1.3	1.5	FAO, 2009a
Produktion 1’000 t	2'845	1’4839	3'149.	4'830	2'619.	533	94	FAO, 2009a
% Fläche 2008	28.3	10.5	16.7	22	17.3	4.5	0.7	FAO, 2009a
% Fläche 1994	32	15	13	19	16	4	1	Ketema, 1997
Preis Birr/kg*	8.96	7.83	5.89	-	7.49	6.61		FAO, 2009b

Tabelle 1. Getreideproduktion in Aethiopien, 2008.
* Wiederverkaufspreis, 1 Birr = 0.082 CHF

Höhe, m ü.M.	1800-2100	1800-2100	
Niederschlag, mm/Jahr	750-850	450-550	<2500
Reifezeit, Tage	60-120	-	45-160
1000-Korngewicht, mg	265	300-400	-
Ertrag Getreide, t/Jahr	1	0.7-1.4*	1.5-2.5
Ertrag Futter, t/Jahr	4.t	9-13.5	-
Literatur	Ketema, 1997	Stallknecht, 1997	Lacey, 2005

* USA

Tabelle 2. Agronomische Eigenschaften von Tef (*Eragrostis tef*).

	Massnahmen/ Bemerkung
a *Uromyces eragrostidis* (Blattrost)	kleine Pflanzendichte, ökonomischer Schaden
a *Helminthosporium miyakei* (Blattdürre)	
a *Drechslera spp*. (Welke)	frühe Saat
a *Epicoccum nigrum* (Welke)	
b *Decticoides brevipennis* (Wollo Bush Zikade)	Pestizide, Urin A24
b *Mentaxya ignicollis* (Roter Tef-Wurm)	
b *Erlangerius niger* (Schwarzer Tef Käfer)	greift Blüten an
c *Striga hermonthica*	parasitisches Unkraut } Bekämpfen:
c *Parthenium hysterophorus*	invasiv } Jäten von Hand
c *Convulvulus arvensis*	} und Fruchtfolge

Tabelle 3. Krankheiten a), Schädlinge b) und Unkräuter c) von Tef (*Eragrostis tef*) (Bijlmakers, H. 1989, Ketema, 1997, Tefera und Belay, 2006).

Land	Getreide t/ha	Bemerkung	Futter t/ha	Literatur
Aethiopien	0.87 1.42	1991/92 1990/1991		Ketema, 1997
Aethiopien	1.1			FAO, 2009a
Aethiopien	<1 bis 2.5[1]	experimentell bis 4.6	3-20	Tefera und Belay, 2006
Aethiopien	2.6	von Bauern selektionierte Sorte		Belay et al. 2008

Tabelle 4. Tef (*Eragrostis tef*) – Ertrag in Aethiopien

	Tef[1]	Tef[1]	Tef[1]	eragrain®[2]
Stärke %	-	20.0-25.8%	36%	57.3%
Protein %	-	8.7-11.1%	2.6%	9.6-19.5%
Lysin	3.68/16gN	-		327 mg/100g
Fett	-	2-3%		2%
Fe	115 ppm 196 rot	-	76 ppm	54 ppm
Fasern, Ballaststoffe	-	2.6-3.8%	7.8%	7.6
Referenz	Ketema, 1997	Bultosa, 2008	http://nutritiondata.com, 11.10.2009	http://www.soilandcrop.com, 2009

Tabelle 5. Inhaltsstoffe von Tef (*Eragrostis tef*).
[1]äthiopische Sorten, [2]europäsiche, kommerzielle Sorte

Zöliakie-Test	Bemerkungen
Klinische Symptome Chronischer Durchfall, schlechte Entwicklung, Bauchbeschwerden, Erbrechen, Aphthen im Mund, Verstopfung	Nicht eindeutig, Verdacht muss überprüft werden.
Serologische Marker EMA: Endomysial-Antikörper IgA tTG: Gewebe-Transglutaminase IgG gegen Gliadin	Beide Tests sind sehr sensitiv und spezifisch. Bei Zöliakie-Patienten mit glutenfreier Ernährung sind diese Tests nicht anwendbar. Reagiert weniger stark auf Diät (P. Blaser, pers. Mitt.)
Genetische Marker HLA-DQ2/DQ8	Sehr sensitiv, aber nicht spezifisch. Nur ein negatives Resultat zeigt die Absenz von Zöliakie.
Biopsie von Dünndarm und Beurteilung der Darmzotten	Bei glutenfreier Diät entwickeln sich die Darmzotten wieder.

Tabelle 6. Zöliakie-Tests (Caicedo und Hill, 2008; Cohen und Barnard, 2008).

Land	Ertrag Getreide t/ha	Bemerkung	Ertrag Futter t/ha	Referenz
Aethiopien	4.6	verbesserte Sorte, gedüngt		Teklu und Tefera, 2005
USA, Montana	0.700[2]	Bis 1.4[3]	9-13.5	Stallknecht, 1997
USA, South Dakota	0.2-2		4-11-(15)	Ecocrop
USA, Cal West			10-15[4]	Cal/West Seeds, 2009
USA, Nevada	1.2		8.5-12	Tadele, pers. Mitt., 2009
Süd-Afrika	2			Lacey, 2005
Niederlanden	1.7-2			Turkensteen, 2009

[1] verbesserte Sorten und gutes Management, [2] Trockenland, [3] bewässert, [4] 2-3 Schnitte/Jahr

Tabelle 7. Getreide- und Futterertrag von Tef (*Eragrostis tef*) in verschiedenen Ländern.